



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de la recarga hídrica del bosque relicto de Cachil-Provincia Gran Chimú
desde el 2006 al 2016”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Díaz Marquina, Jerson Robinson (ORCID: 0000 0001-9098-3298)

Gálvez Correa, Fiorella Milagros (ORCID: 0000 0001-7106-1992)

ASESORES:

Dr. Rivero Méndez, José Félix (ORCID: 0000 0002-9147-1451)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad Y Gestión De Los Recursos Naturales

Trujillo – Perú

2019

Dedicatoria

Primero a Dios, por ser quien nos llevó por un buen camino durante nuestro proceso de formación profesional.

A nuestras familias, por el gran apoyo incondicional que hemos recibido para el bienestar de nosotros en nuestro proceso de formación, por todo el esfuerzo realizado en estos 5 años como también por la paciencia y el gran amor que nos brindaron día a día para poder alcanzar nuestros objetivos y metas.

A las personas cercanas que de una u otra manera buscan medidas de solución, luchan contra la contaminación para lograr un medio ambiente saludable y sostenible para todos nosotros.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestros docentes por la enseñanza y experiencias brindadas durante nuestro proceso de formación profesional.

A nuestros asesores: Dr. Rivero Méndez, José Félix, Dr. Ugaz Odar, Fernando y a Dr. Rubio Jacobo, Luis Alberto que siempre estuvieron disponibles para no desistir y apoyarnos durante el proceso de elaboración de tesis.

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-FR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don

(a) DÍAZ MARQUINA JERSON ROBINSON

cuyo título es: EVALUACIÓN DE LA RECARGA MINICA DEL BOSQUE

RELICTO DE CACHIL-PROVINCIA GRAN CHIMU GETSE EL 2006

AL 2016

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número)

WECIEFIS (letras).

Trujillo (o Filial) 06 de 12 del 2019



PRESIDENTE
 Dr. Alfredo Cruz Montan



SECRETARIO
 M. Profré Marín E



VOCAL
 Dr. José Rivera Montan

Babará	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
--------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) TRALVEZ CORREA FIORELLA MTLA GROS
 cuyo título es: EVALUACION DE LA RECARGA HIDRICA
DEL BOSQUE RELICTO DE SACHIL - PROVINCIA
GRAN CHIMU DESDE EL 2006 AL 2016.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 1.6 (número)
DI. E. C. S. E. S. (letras).

Trujillo (o Híal) 06 de 12 del 2019


 PRESIDENTE
 DR. ALFREDO CRUZ MONTON


 SECRETARIO
 MS. WALTER MORENO EUSTAQUIO


 VOCAL
 DR. JOSÉ RIVERO HENDEZ

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

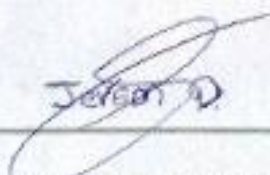
Declaratoria de Autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, Díaz Marquina, Jerson Robinson identificado con DNI N° 71243643 estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio 12 de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jerson D.', is written over a horizontal line.

Díaz Marquina, Jerson Robinson

DNI: 71243643

Declaratoria de Autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Yo, Gálvez Correa, Fiorella Milagros identificada con DNI N° 70219372 estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Titulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio 12 de 2019



Gálvez Correa, Fiorella Milagros
DNI: 70219372

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice.....	viii
Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODO.....	18
1.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
1.2. Operacionalización de variables.....	20
1.3. Población y muestra.....	21
1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y Confiabilidad.....	21
1.5. Procedimiento.....	21
1.6. Método de análisis de datos.....	23
1.7. Aspectos éticos.....	23
III. RESULTADOS.....	24
3.1. Tendencia de la precipitación pluvial periodo Ene2006 – Dic2016.....	24
3.2. Tendencia de la proyección de la precipitación pluvial periodo Ene2017 – Dic2027.....	25
3.3. Determinación de la evapotranspiración.....	32
IV. DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. RECOMENDACIONES.....	42
VII. REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	50

Resumen

El bosque relicto de Cachil es uno de los 23 bosques relictos que existen en el norte del Perú, este bosque se ubica a 131 kilómetros de Trujillo, en el distrito de Cascas, provincia andina de Gran Chimú, departamento de la Libertad. Por la acción del Hombre, viene siendo depredada de manera clandestina, uno de los problemas que más afecta es la deforestación y los incendios forestales ocasionado de manera intencional por los intereses de las personas aledañas del bosque.

La recarga hídrica en los bosques, influye fuertemente en la condición en su disponibilidad del agua como su calidad, esta recarga regula los flujos que son ejercida posteriormente por los bosques. La cuenca y sub cuenca que está en el bosque Cachil proporciona una gran parte del agua proveniente de las lluvias, que se destina a usos domésticos, agrícolas y ecológicos. Se tiene como importancia el incremento al máximo los servicios brindados por los bosques en los recursos hídricos y del ecosistema para que las precipitaciones y/o lluvias lleguen con normalidad, para ello se realizó mecanismos para hacer un control de la recarga hídrica en el ámbito de los bosques y el agua, e implementando y poner en vigencia programas de acción.

En tal sentido en el presente trabajo se buscó evaluar la recarga hídrica mediante el registro de precipitaciones del bosque relicto de Cachil-provincia Gran Chimú durante el periodo del 2006-2016 y calcular la evapotranspiración mediante los softwares Cropwat y el Climwat, con la finalidad de hacer una proyección en los próximos 10 años, para obtener una tendencia que se presume que tiende a bajar con medida de los paso de los años, porque cada año hay menos retención de agua, y las lluvias vienen con menor intensidad en el bosque. El método de la investigación es descriptiva y no experimental, utilizando valores de fuentes confiables.

Por ello, se ha investigado recopilando el registro de precipitaciones e información de una estación meteorológica cerca al bosque Cachil, estos datos están subidos y pertenecen a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), contiene información confiable de diversas estaciones meteorológicas ubicados en distintas zonas del Perú.

Palabras Clave: Recarga Hídrica, Bosque Relicto, Precipitación, Evapotranspiración, Cropwat y Climwat.

Abstract

The relict forest of Cachil is one of the 23 relict forests that exist in the north of Peru. This forest is located 131 kilometers from Trujillo, in the district of Cascas, in the Andean province of Gran Chimú, department of La Libertad. One of the problems that is most affected is deforestation and forest fires caused intentionally by the interests of the people surrounding the forest.

Water recharge in the forests strongly influences water availability and quality, and regulates the water flows exerted by the forests. The basin and sub-basin that is in the Cachil forest provides a great part of the water coming from the rains, which is destined to domestic, agricultural and ecological uses. It is important to maximize the services provided by forests in water resources and the ecosystem so that rainfall and / or rainfall arrive normally, for this is intended to make mechanisms to control water recharge in the area of forests and water, and implement and enforce action programs.

In this sense, this work seeks to evaluate water recharge by recording rainfall in the relict forest of Cachil-Province Gran Chimú during the period 2006-2016 and calculate evapotranspiration using the Cropwat and Climwat software, in order to make a projection in the next 10 years, to obtain a trend that is presumed to tend to decrease with the passage of time, because each year there is less water retention, and the rains come with less intensity in the forest. The research method is descriptive and not experimental, using values from reliable sources.

For that reason, it has been investigated compiling the record of precipitations and information of a meteorological station near the Cachil forest, these data are uploaded and belong to the National Water Authority (ANA), it contains reliable information of diverse meteorological stations located in different zones of Perú.

Key words: Water recharge, Relic forest, Precipitation, Evapotranspiration, Cropwat and Climwat.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro planeta tierra según Las Naciones Unidas contiene 1.400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales solo tenemos disponibilidad para consumo humano 200.000 kilómetros cúbicos de agua dulce. Si hablamos del porcentaje que ocupa en la superficie terrestre, este sería del 70% con solo un 2.5% de agua dulce, ya que el 97.5% restante es agua salada. Del total de agua dulce que tenemos el 90% se encuentra congelado, el 0.5% representa el total de agua subterránea y el 0.01% se encuentra en ríos y lagos; por ello se afirma que sólo el 0.007% del agua que existe en el planeta Tierra es potable. (Aqua Fundación, 2015).

La distribución y accesibilidad del agua es el problema primordial por el cual la población sufre escasez de agua; según La FAO para el año 2025, 1.900 millones de personas sufrirá una escasez absoluta de agua, y dos tercios de la población mundial pasarán por una situación de estrés hídrico (Domain); y según la ONU para el año 2050 se espera que al menos un 25% de la población mundial se vea afectado por escasez de agua dulce, (ONU, s.f.)

El estrés hídrico ha llevado que una de cada seis personas a nivel mundial no tengan acceso a agua potable, siendo los más afectados los 1.100 millones de personas que viven en países en desarrollo, esto considerando que se experimenta estrés hídrico cuando los suministros anuales de agua están debajo de los 1700 metros cúbicos y unos escasos de agua cuando se está debajo de los 1000 metros cúbicos por persona por año, según el índice de estrés hídrico de Falkenmark. (Aqua Fundación, 2015).

La Agencia Europea de Medio Ambiente nos habla sobre los problemas ambientales que trae consigo el cambio climático, como las sequías por disminución de lluvias, lo cual conllevará a una competición entre los distintos sectores productivos, principalmente al sur donde el mayor consumo de agua es por la agricultura (Domain).

Para hacer frente al problema de escasez de agua tenemos como aliados a los bosques, la importancia que tienen dentro del ciclo hidrológico es porque a diferencia de otros suelos con distinta vegetación como podrían ser los pastizales, los árboles absorben cuatro veces más agua y la van liberando lenta y gradualmente, evitando las inundaciones y sequías, funciona como un regulador estacional; pero existe un problema que cada vez es más preocupante, por el acelerado y descontrolado avance que tiene, y es la deforestación (Rodríguez, 2014).

En el Perú la pérdida de bosques va en un significativo aumento por la tala ilegal de árboles para el comercio de madera, actividades agropecuarias, agricultura, ganadería, expansión de la palma aceitera (amazonia peruana) y la minería. El Ministerio del Ambiente estima que

la deforestación para el 2030 superaría las 350 mil hectáreas de pérdida de bosques por año; realidad preocupante porque la deforestación es el principal motivo de pérdida de ecosistemas y de los importantes servicios ambientales que nos brindan los bosques, uno de estos como ya se había mencionado es la captación de agua; muchos de estos bosques se encuentran en las cabeceras de cuenca, de ahí la importancia de que prevalezcan ya que su impacto directo o indirecto en las poblaciones es significativo para su desarrollo (MINAM, 2016).

El bosque de Cachil es uno de los 23 bosques relictos que existen en el norte del Perú, importantes por su endemismo y gran diversidad biológica pero que a su vez vienen siendo ecosistemas frágiles por las constantes amenazas de las actividades antrópicas (Weigend, 2005). En el 2008 el bosque se vio afectado por la explotación minera de la empresa Jesús, quien inició su actividad de exploración a una distancia aproximada de 20 metros del río Cachil, deforestando parte del bosque y poniendo en riesgo la calidad del agua en su nacimiento, los propietarios con apoyo total de la población desalojaron a la empresa minera y decidieron tomar acciones legales para convertir al bosque en un área de conservación privada con el fin de protegerlo (Villanueva, 1012).

En el 2016 se perdió 10 hectáreas de bosque en Cachil, a consecuencia de las creencias y costumbres de los agricultores de la zona, ellos creen que para terminar con la sequía y atraer las lluvias es necesario quemar los pastizales y lo que quedó de sus cultivos, preparándose así para la siguiente campaña agrícola, esto es un peligro latente ya que el fuego no siempre se puede controlar sobre todo con la aridez del clima de la época; este incendio afectó al bosque por las pérdidas de biodiversidad en fauna silvestre y especies forestales naturales del lugar (Gobierno Regional, 2016).

La extensión de tierras en la agricultura y la introducción de nuevas especies forestales también son parte de la problemática en el bosque, se pierde áreas boscosas bajando su capacidad de otorgar bienes y servicios y con las nuevas especies se produce una alteración del ecosistema.

RUBIO Luis, et. Al. (2015), en su artículo: “Distribución temporal del caudal mensual del río Jequetepeque. periodo 1976-2015” abordó la problemática que el los datos par aun pronóstico que se refiere en caudales de un río forma un problema de importancia en difeentes ramas de ingeniería. La veracidad de éste pronóstico depende aún de diferentes actividades de actividad moderna, por ejemplo: el agua para el riego, las gestiones en algún desastre como inundaciones, la disposición de agua potable, el trabajo de las centrales que generan de tipo hidroeléctrica; teniendo como objetivo comparar la distribución temporal del caudal mensual de agua del río Jequetepeque, en el periodo 1976-2015 e identificar el modelo PARMA que mejor se ajuste al caudal mensual del río Jequetepeque, en el periodo 1976-2015. Para ello realizó una investigación, obteniendo que se presenta el comportamiento temporal de los caudales mensuales de agua para el periodo 1976-2015 del río Jequetepeque, en el cual se aprecia mucha variabilidad en los caudales de los primeros 5 meses y el mes de diciembre. En los meses restantes apreciamos una variabilidad reducida que puede ser efecto de los periodos secos de la región Norte de nuestro País. En los meses de mayor variabilidad los caudales llegan a tener un valor máximo de 10000 m³/seg, mientras que para los meses de menor variabilidad se llega a tener un caudal máximo de 100 m³/seg. Y concluyendo que al comparar la distribución temporal de los caudales mensuales, estos caudales promedios presentan una diferencia significativa, donde los caudales promedios más elevados están entre el mes de enero a mayo y los caudales más bajos en el mes de agosto y septiembre, y los modelos PARMA son lo más adecuado para realizar el mejor pronóstico del caudal mensual del río Jequetepeque.

PAJUELO Luis (2012) en su tesis titulada: “Modelo de pronóstico para las exportaciones del Perú con la Comunidad Andina de Naciones, enero 1999- abril 2007” abordó la problemática que la comercialización en externa tiene un papel importante para el crecimiento y desarrollo a tiempo determinado; mejor aún en la actualidad que tiene un enorme cogida en la actividad económica de los países extranjeras, en el cual se demuestra por los antecedentes de los países que son desarrollados y evidencias de los que son llamados países “exitosos” que pudieron lograr un crecimiento como también un desarrollo económico gracias a sus exportaciones en el mercado; teniendo como objetivo hacer un pronóstico de las exportaciones del Perú, con la CAN, en el periodo de 1999 – 2007. Para ello realizó una investigación descriptivo longitudinal, obteniendo que usando el método SARIMA en los datos de 1999-2007, muestra que todos los coeficientes del modelo son significativos AR(1) y con $p=0.0000<0.05$. Donde el error de estimación por mes, inferior al modelo inicial (ARIMA) y determina un coeficiente que resulta $R^2=70.6\%$. Este

modelo que ha sido adecuado en estimado SARIMA (1,1,1)(0,0,6), estos datos se validó con un correlograma llamado FAC y FACP en los datos residuales; Y concluyendo que el análisis grafico de los años 1999 – 2007 de exportaciones con la CAN, se tuvo una tendencia creciente y el modelo estimado para la serie, de acuerdo a los correlogramas evaluados, fue un modelo SARIMA (1,1,1)(0,0,6).

ARICA Alfonso (2001) en su tesis titulada: “Evaluación de tres métodos de determinación de la evapotranspiración potencial en Tingo María” abordó la problemática que en el tiempo, el Hombre adquirió conocimientos para saber a tener un dominio en su medio ambiente, sus actividades a podido desarrollar plantas y diferentes opciones de cultivo que son mejores, que se adaptan a sus necesidades, así poder establecer prácticas para el uso hidrico, ahora en los agroquímicos su uso es más efectiva con su función en el aumento de producción agrónoma; sin embargo hasta ahora no ha sabido controlar el clima, y se sigue estando en peligro de concretarse sequias de manera constante; teniendo como objetivo determinar la evapotranspiración potencial por los métodos lisímetro y Penman – Cropwat. Para ello realizó una investigación experimental, obteniendo que se usaron registros meteorológicos de los siguientes meses: abril, mayo, junio, julio y agosto que son respectivamente del año 2001 con los parámetros humedad relativa, velocidad de viento y temperatura. Se usaron diferentes promedios mensuales de datos climatológicos que pertenecen desde el año 1941 hasta el 200 de Tingo María, en el cual los primeros meses del año tienen valores menores en el que suben y pueden llegar a su máximo nivel a mitades del año, ahora en lo que significa en su comportamiento indica que el tiempo de riego deben de tener concordancia en el tiempo que la evapotranspiración potencial es alta por la subida demanda hidrológica en Tingo María, se cabe recalcar que éste tiempo es una temporada de pocas precipitaciones. Y concluyendo que el método realizado en el Software tiene demasiadas ventajas al momento de ser aplicadas en campo, ya que existe una disposición de los datos climatológicos que se debe tener para su ejecución como también los mayores datos de evapotranspiración en Tingo María.

BARRANTES Alberto & MÉNDEZ Hugo (2016), en su tesis titulada: “Riqueza del recurso hídrico y su relación con la cubierta vegetal en la Reserva Forestal Grecia, Alajuela, Costa Rica” abordó la problemática que los ecosistemas que existe rodea diferentes servicios ambientales, uno de esos servicios un principal que es la recarga como el flujo hídrico, sin

embargo son débiles y son propensos a ser impactados por las actividades del Hombre, por ello que al saber la abundancia y distintos tipos de cobertura vegetal hace predecir que los impactos y consecuencias que se generan en el subsuelo y por ello las acciones de remediación.; teniendo como objetivo diferenciar si el afloramiento superficial tienen coordinación con la cobertura vegetal en el subsuelo. Para ello realizó una investigación, obteniendo que la cobertura vegetal que han sido consideradas son: el bosque de la reserva secundario que resulta ser áreas dañadas, pero en el presente están en proceso de recuperación por la misma naturaleza; Y concluyendo que La cobertura vegetal predominante es el bosque secundario ($X^2 = 3,078$; $gl = 3$; $p < 0,000$) y 37 nacientes de la cobertura vegetal son usadas para el abastecimiento a la población aledaña, por ello 25 nacientes están dentro del bosque secundario, restante solo 7 nacientes en los matorrolaes, en el petróleo se encuentra 4 y lo que queda solo 1 naciente a lo que se refiere en bosque de pino.

BLANCO Juan (2017), en su artículo titulada: “Bosques, Suelo y Agua: explorando sus interacciones” abordó la problemática que en diferentes lugares a nivel mundial el mal uso de los recursos hídricos que están disponibles, van de la mano con la contaminación de ella por eso que es una amenaza latente para la calidad del agua en sus distintos usos como: urbanos, riego o en la industria, los bosques son importantes para el abastecimiento hídrico para los usos mencionados, también en dar una protección a los suelos que son atacados por la erosión, estos bosques están presionados a menudo debido a las alteraciones climáticas; teniendo como objetivo modificar y aprovechar evoluciones ecológicas de la naturaleza con el fin de tener sus diferentes servicios que el Hombre busca de los bosques. Para ello realizó una investigación, obteniendo que el estado del agua, inundaciones, deslizamiento de tierra, protección cerca al curso de agua, entre otros, son catalogados como servicios ambientales extras que dan los bosques en función a un ciclo llamado hidrológico, estos servicios no todos se considera bienes aprovechables tipo no maderables que son cumplidos en los bosques, de otro modo existe otra manera de aprovechar estos servicios, que se paga por un producto del bosque, una inversión para que sea suministrada en agua a la población aledaña; Y concluyendo que aún queda problemas por resolver en suministro hidrológico de los bosques ya que falta saber aumentar conocimientos que son adquiridos de proyectos y experiencias en cuencas y sub cuencas; para eso, una alternativa de solución es el mapeo de zonas que distinga a las que tienen disponibilidad hídrica, con amenazas de sequías; y es primordial investigar y entender la relación entre cuencas y subsuelos.

ZAVALETA Elizabeth, et al. (2012), en su artículo: ‘‘Potencial de infiltración de agua de lluvia a partir de la retención de una plantación forestal’’ abordó la problemática que las consecuencias debido a las diferentes formas de precipitación por culpa del deterioro ambiental, así como la reducción del pH del suelo, que causan la erosión y pérdida de materia orgánica en los suelos sin cubierta arbórea, ya que se sabe los bosques cumple el papel de esponjas, porque tienen la capacidad en almacena y suministrar en grandes cantidades de agua proveniente de las lluvias, los que más absorben son los suelos forestales en comparación con los suelos con cubierto arbóreo, ya que absorbe 4 veces más y también su función es mejor que el suelo desnudo, teniendo como objetivo evaluar la cantidad de agua capturada en una plantación de *Pinus cembroides* subsp. *Orizabensis*. Para ello realizó una investigación, obteniendo que el agua adsorbida por árbol fue de 1.322390 L en promedio con un mínimo de 0.017219 L y un máximo de 3.958022 L, dando un total de 633.4 L. y para tener una manera de ver el comportamiento de los árboles de la plantación se hizo graficar los resultados en cinco categorías que permite observar que más de 200 árboles presentaron una adsorción de entre 0.8054 y 1.5735 L; Y concluyendo que *Pinus cembroides* es una especie alternativa que puede cumplir la función de retención de agua en el valle de Perote, Veracruz y su potencial de infiltración de 1 418 277.57 L que multiplicados por el potencial de hectáreas para plantación con la especie, se convertiría en una fábrica de agua importante.

JARAMILLO Romeo & CORONEL David (2013), en su tesis titulada: ‘‘Valoración económica del recurso hídrico para la conservación de las Microcuencas Quillusara en el Cantón Celica y Jorupe en el Cantón Espindola’’ abordó la problemática que la mala gestión, distribución y uso han generado que tanto el recurso hídrico como los ecosistemas que lo generan se vean afectados, constituyéndose en un grave riesgo ambiental, económico y social, con graves consecuencias en la disponibilidad del recurso para las diferentes actividades productivas del país, teniendo como objetivo valorar económicamente el recurso hídrico de las microcuencas Quillusara en el Cantón Celica y Jorupe en el Cantón Espindola, basados en la importancia del servicio agua tanto dentro como fuera de la microcuenca. Para ello realizó una investigación, obteniendo que la importancia del bosque y cantidad y calidad del servicio del agua, el 97,6% coinciden en que los bosques y páramos naturales ayudan a mantener el agua de las quebradas, el 36,6% están de acuerdo en que los incendios forestales

son frecuentes y que el 94,1% concuerda que la deforestación en las nacientes quebradas disminuye la cantidad de agua; Y concluyendo que el trabajo se refiere a que el aprovechamiento de los ecosistemas de los cuales se obtienen los diferentes recursos debe ser eficiente y nos atamos a su racional manejo y conservación, por lo cual el recurso agua juega un papel muy importante dentro del desarrollo y la conservación del bosque en las partes altas para asegurar la producción hídrica de las microcuencas.

CAHUAZA Jhoner (2016), en su tesis titulada: “Comparación de dos métodos para medir precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras” abordó la problemática que en muchos casos los bosques nublados se encuentran en zonas donde la presencia de nube o neblina ocurre en combinación con fuertes lluvias, por tal razón, cuando algunos investigadores realizan un balance hídrico restando a la precipitación vertical, la escorrentía, la infiltración y la evapotranspiración, obtienen valores negativos, los aportes de la precipitación horizontal son de vital importancia para los bosques y el hombre, parte de los estudios realizados están enfocados principalmente en la cantidad de agua que se puede capturar de la precipitación horizontal, teniendo como objetivo cuantificar el aporte de la precipitación horizontal en la Reserva Biológica Uyuca y comparar dos metodologías de medición. Para ello realizó una investigación, obteniendo que durante la época seca y lluviosa se evaluó el aporte de precipitación horizontal tomando en cuenta los registros de los pluviómetros instalados por Vaca (2015). Esto para conocer la cantidad de agua que la reserva puede recibir en presencia y ausencia de lluvias, la precipitación horizontal total bajo dosel en 12 períodos secos se calculó sumando el agua colectada en las canaletas y el escurrimiento en troncos en cada parcela y nivel altitudinal; y concluyendo que el método propuesto por Juvik y Ekern considera la precipitación debajo del dosel y el escurrimiento por tronco, pero está sujeta a errores sistemáticos, ya que, al poseer un área de captación reducida, las pérdidas por salpicadura interna y externa pueden ser altas. En los pluviómetros de malla plástica las pérdidas por salpicadura son menores debido a que el área de captación es mayor.

ARCOS Maria (2010), en su tesis titulada: “Influencia de la cobertura en la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo” abordó la problemática que los impactos de las

quemadas forestales, la ganadería y la agricultura tienen sobre la estructura de la vegetación y la cobertura del suelo en estos ecosistemas, ya que estas alteraciones podrían determinar una pérdida en la capacidad de los páramos para regular los flujos hidrológicos, de igual manera, esta capa de vegetación superficial evita el daño irreversible al que se exponen los Andisoles por los procesos de desecación o compactación que generan los cambios en el uso del suelo del páramo y que desembocan en la pérdida de la capacidad de retención de agua de este tipo de suelos; teniendo como objetivo evaluar la contribución relativa de la capa de vegetación superficial que cubre el suelo, a la captación de agua en los diferentes tipos de vegetación de páramo. Para ello realizó una investigación, obteniendo que existe una diferencia significativa de las tasas de infiltración. Se observó que en donde había vegetación, las tasas de infiltración son significativamente superiores, en el bosque de *Polylepis* la tasa de infiltración llegó a los 0,95 cm/s, con vegetación y 0,78cm/s sin vegetación; y concluyendo que analizando los resultados del estudio, la vegetación tiene un rol importante para la captura de agua, inclusive tipos de vegetación como el matorral y bosque de *Polylepis* son importantes para mantener niveles de infiltración adecuados.

PALACIOS Claudia (2012) en su tesis titulada: “Valoración económica de la oferta del servicio ambiental hídrico en el bosque de neblina de Mijal, Chalaco – Morropón – Piura” abordó la problemática que el agua es el recurso natural de mayor importancia para la vida y el mantenimiento de los ecosistemas, por ello se conoce que las plantas juegan un rol fundamental en la captura, retención, almacenamiento y posterior escurrimiento del agua importante para el resto de recursos, por ende, la valoración económica presentada nos ayudará a estimar el valor de uso actual productivo del bosque de neblina, solo de esta manera se logrará revertir los acelerados procesos de destrucción y degradación de estos recursos, al considerar la valoración completa de los servicios ecosistémicos del bosque nativo, teniendo como objetivo realizar una valoración económica mediante la Valoración Económica Total (VET), descrita como el valor de uso directo e indirecto. Para ello realizó una investigación descriptiva, obteniendo que para determinar el valor de uso directo: como el uso doméstico, ganadería y agricultura se utilizó la información brindada por el INEI, 2011. Y para determinar el valor de uso indirecto: servicio ambiental hídrico, se empezó obteniendo datos y para ello se realizaron seis exploraciones botánicas debidamente planificadas entre los meses de septiembre del 2009 a noviembre del 2010, a razón de 01

salida cada dos meses y medio con la fórmula de $VET = VUD + VUI$, para el cálculo del agua por escurrimiento fustal, se empleó el método modificado propuesto por Steubing & Cols., consistente en una soguilla de nylon 0.5 cm de diámetro, dispuesta en espiral alrededor del tronco y para calcular la cantidad de agua edáfica, se introdujo un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 1.5 m de longitud con perforaciones de 1cm. de diámetro hasta la mitad superior del tubo, cuya base y la parte superior estuvieron selladas. Se colocó un recipiente plástico “taper” caja conservadora “BASA” N° 5 de 339 x 235 x 15 (6100 cc), a la cual previamente se le hizo perforaciones a la tapa de 1cm. de diámetro y fue enterrada a una profundidad de 1.5 m. bajo el suelo para calcular la cantidad de agua edáfica, Y concluyendo que la valoración económica total en el bosque de neblina de Mijal es de US dollar \$ 62618.6 US \$ / Há/ año y el aporte de agua por condensación de neblina en el bosque de Mijal es de 28598835.1 m³, mientras que el aporte por precipitaciones (lluvias) es de 240.8 m³ al año.

DELAO Noel & EVANGELISTA Emil (2012) en su tesis titulada: “Capacidad de retención y cinética de pérdida de agua de *Sphagnum Magellanicum* brid. (musgo blanco) en la microcuenca del río San José de Yuncán - distrito Pampa Hermosa – Satipo” abordó la problemática de que el género *Sphagnum* son formaciones vegetales que crecen formando cojines y crean ambientes ácidos, poseen cuerpos esponjosos capaces de absorber y retener agua en sectores húmedos, pobremente drenados y mineralizados, con reducido contenido de oxígeno y escasa disponibilidad de nutrientes, durante la última década, el *S. magellanicum* en San José de Yuncán, se han extraído en forma irracional, poniendo en peligro la perdurabilidad y regularidad del recurso hídrico y de los ecosistemas alto andinos, ya que ellos forman parte del ciclo hidrológico al captar agua de las lluvias, neblinas y napa freática, en tal sentido es necesario conocer la cantidad de agua que pueden almacenar estos vegetales en un periodo dado, teniendo como objetivo determinar la capacidad de retención, máxima hidratación y cinética de pérdida de agua del *S. magellanicum* en tres estratos de la microcuenca del río San José de Yuncán. Para ello realizó una investigación experimental, obteniendo que para obtener la cantidad de agua de lluvias y neblina retenida por *S. magellanicum*, se determinó por diferencia de pesos inicial del musgo, que fue obtenido en el momento de recolección de la muestra y el peso seco obtenido a través de una deshidratación al ambiente después de un periodo de 15 días, expuesta durante el mes de

agosto, posteriormente la pérdida de agua de cada muestra se expresaron en porcentaje para realizar el análisis estadístico; y concluyendo que La capacidad de máxima retención obtenida fue mayor en el estrato con cobertura arbórea con 96,83% de agua que equivalente a 31,65 veces de su peso seco, el estrato con cobertura arbustiva con 96,54% de agua que equivalente a 29,45 veces de su peso seco y estrato sin cobertura arbórea ni arbustiva con 96,50% de agua que equivalente a 28,63 veces de su peso seco.

ALVA Fiorella (2017) en su tesis titulada: “Valores culturales y Naturales del Bosque Cachil para el desarrollo de un producto de naturaleza” abordó la problemática que el bosque Cachil cuenta con flora endémica cómo: el olivo silvestre árbol representativo del bosque así como la lúcuma de oso, el roble, el cedro, la orquídea entre otros tipos de flora y cuenta con fauna representativa: el puma, venado, vizcachas todos estos animales ubicados dentro del bosque de Cachil se encuentran en peligro de extinción, teniendo como objetivo determinar los valores naturales y culturales que posee el bosque de Cachil que permiten el desarrollo de un producto de naturaleza. Para ello realizó una investigación descriptiva, obteniendo que en el bosque de Cachil, las cascadas son la principal fuente que irriga las cosechas y que a través de los ríos por la corriente es llevada hasta los caseríos más cercanos, y a pesar de que el bosque de Cachil sea privado, la población lo consideran como parte de su comunidad, por ello el propietario desea seguir incentivando el turismo y conservación del bosque ; y concluyendo que el bosque de Cachil cuenta con valores naturales y culturales que posibilitan el desarrollo de un producto de naturaleza.

Tipos de Bosque: Existen diferentes tipos de bosques y es porque crecen bajo diferentes climas, y otra es que las actividades por el Hombre han hecho que cambien algunos bosques, uno de esas actividades es al plantar o cortar árboles. Estos tipos son: Bosques boreales (coníferas [con conos]), bosques subtropicales (bosques húmedos, bosques secos), y bosques tropicales (bosques de lluvias, bosques secos, bosques caducifolios). (FAO, 2008).

Bosque relictos: Son aquellos que quedan como resultado de algún tipo de flora que alguna vez hubo en la zona y que en el presente sólo se encuentra esa muestra de vegetación de lo que en el pasado fue y de centros importantes de endemismos y de gran diversidad biológica. (Weigend, 2005). Estos bosques relictos se encuentran en la vertiente occidental de los Andes, mayormente en lugares donde existe mucha humedad de las corrientes del aire que

proviene del océano Pacífico. Actualmente estos bosques se conservan casi exclusivamente en las partes más pendientes y normalmente en elevaciones alrededor de los 3.000 m. (Weigend 2003).

Bosque Cachil: Es un bosque relictos donde da refugio al principal árbol milenario que es el olivo silvestre, situado en Cajamarca, provincia de Contumazá, en las laderas del río Cachil al nor oeste de la provincia Gran Chimú, este bosque se caracteriza por presentar un clima tropical además de ser verdoso con árboles longevos por tener manifestaciones culturales, este es un bosque privado, el que está a cargo es el Dr. Julio Corcuera García, su administración promueve la conservación y el uso turístico de dicho bosque. (Alva, 2017).

Captación de agua: Este proceso representa el inicio del abastecimiento hídrico tanto para la población y fauna. La importancia de los bosques para los seres humanos es el suministro de agua potable, existen muchos tipos de captación de agua que son: captación superficial, por represamiento, subterránea, y una de las más importante y usado es la captación de agua de lluvia. (FAO, 2018).

Recarga Hídrica: Este es un proceso en el que un acuífero es suministrado o recargado por agua proveniente de las precipitaciones; el exceso de agua infiltrada sobre la evapotranspiración que drena desde la zona radicular, llega hasta la parte baja de las cuencas recargando los acuíferos. (Rodríguez, 2014).

Ciclo Hidrológico: Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). (Ordoñez Gálvez, 2011).

Precipitación: Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las

precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión, la precipitación constituye la única entrada principal a los sistemas hidrológicos continental.

Existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales.

Modelo Arima: Es un modelo estadístico para series temporales, ARIMA (*AutoRegresive Integrated Moving Average*), que deriva de sus tres componentes AR(Autoregresivo), I(Integrado) y MA (Medias Móviles). Este modelo permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al azar, además, puede incluir un componente cíclico o estacional. Es decir, debe contener todos los elementos necesarios para describir el fenómeno. (Fernández, 2005)

Software CROPWAT: Es un programa de cálculo para los requisitos de agua, estos métodos determinan la evapotranspiración de referencia (ET_0), necesidades de agua de los cultivos, precipitación efectiva y necesidades de riego. (FAO, 2019)

Software CLIMWAT: Es una base de datos climáticos que se utiliza en combinación con el programa informático CROPWAT . y permite el cálculo de los requisitos de agua del cultivo, el suministro de riego y la programación de riego para varios cultivos para una gama de estaciones climatológicas en todo el mundo, y proporciona valores medios mensuales a largo plazo de siete parámetros climáticos. (FAO, 2019)

Medida de la Evapotranspiración: Se mide a través del método CROPWAT, usando el tiempo de aplicación del riego, zona de riego, dando lugar a datos climáticos como mayormente es los datos de lluvia; todo ello se necesita y por último se agrega datos del suelo para dar a conocer los procesos de cultivo. Los valores (evapotranspiración, K_c , precipitaciones, Requerimiento de agua). (FAO,2019). El valor FWS es calculado como:

$$FWS = \text{Irrig.Req} * 10000$$

$$(\text{Irrig.Efficiency}/100) * \text{TimeStep(days)} * 24 * 3600$$

$$FWS = 19,92 * 10000 = 199,2 \text{ l/s/ha}$$

$$(70/100) * 10 * 24 * 3600$$

Humedad (%): Esto es parte de la climatología, y lo encontramos en la atmósfera como vapor de agua, permitiendo así la formación de nubes, y estas nubes al condensarse se precipita a la tierra en forma de lluvia (MINAGRI, 2003)

Humedad De Suelo: Es el porcentaje de agua que encontramos en el suelo (en peso). Para ello consideramos normalmente la cantidad de agua que tenemos en el suelo, el punto de marchitez y la capacidad de campo. (MINAGRI, 2003)

Velocidad de Viento (km/día): Es la rapidez a la que se mueve el viento, ya que este siempre está en movimiento y produce energía. La velocidad es mínima o baja cuando se presenta al ras cerca del suelo, y va aumentando conforme va aumentando la altura. Medido mediante el anemómetro, este parámetro suele estar expresado en Km/h o m/s. (MINAGRI, 2003)

Insolación (horas): Es el número de horas en un período determinado de tiempo durante el cual un lugar específico recibe una cierta de radiación solar. (EPA, 1999)

Radiación (rad): La energía solar resulta de un proceso de fusión nuclear que se da en el sol, la cual mueve el ambiente en que vivimos. Parte de esto es la radiación que se da por transferencia de energía de ondas electromagnéticas producido desde la fuente hacia fuera en distintas direcciones. (Estudio FAO, 2006)

Tasa Máxima De Infiltración: Es una medida que nos indica la capacidad que tiene el suelo para absorber las precipitaciones o irrigaciones. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Esto quiere decir que, si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se llega al punto en que tendremos una escorrentía en la superficie del suelo. (Ruiz & Martínez, 2009)

Profundidad Radicular (m): Son valores determinados en unidad (m) que se usa para calcular un programa de riego. (Estudio FAO, 2006)

Agotamiento Crítico (fracción): Se da cuando el agua que se puede aprovechar con facilidad ha sido usada por completo, representando un riego reducido si se cuenta con irregulares intervalos de riego. (Estudio, FAO, 2006)

Coefficiente de Cultivo (K_c): Hace referencia al efecto que tienen las características de un cultivo diferenciándolo de otro, se da por el tipo de cultivo y también por clima donde se encuentra y la evaporación del suelo. (Estudio FAO, 2006)

Altura de cultivo (m): La altura del cultivo tiene influencia en el valor de la resistencia aerodinámica, así como en la transferencia de vapor de agua que se da desde el cultivo hacia la atmósfera. (Estudio FAO, 2006)

Temperatura máxima: Es la mayor temperatura que se podría registrar durante un día, y que el intervalo en el que se presenta es entre las 14:00 y las 16:00 horas.

Temperatura mínima: Es la menor temperatura que se podría registrar durante un día, y que el intervalo en el que se presenta es entre las 06:00 y las 08:00 horas.

La formulación del problema es la siguiente: ¿Cuál es la recarga hídrica del bosque relicto de Cachil – provincia Gran Chimú desde el 2017 al 2027?

La justificación es la siguiente: El principal motivo de esta investigación es la importancia que tiene la protección de los bosques para contrarrestar la escasez de agua, punto importante en saber la recarga hídrica, dando a conocer las precipitaciones como la evapotranspiración que forman parte de la recarga hídrica para saber su oferta y demanda, que cada vez tiene mayor presencia en muchas ciudades del mundo, y si bien es cierto, los bosques nos entregan diversos servicios ambientales, su importancia en la gestión de agua es la más importante según la FAO.

Gracias al papel que desarrollan los bosques dentro del ciclo hidrológico, podemos encontrar en buen estado las cuencas hidrográficas y sub cuencas que suministran agua de calidad a las poblaciones para el desarrollo de sus actividades como agricultura, ganadería, industria, y agua potable para una buena calidad de vida.

Además de filtrar y depurar el agua, los bosques contribuyen a la recarga hídrica, evitan y disminuyen la erosión del suelo, se quiere lograr saber lo que pueda ocurrir más adelante con las precipitaciones, evitando que se conviertan en sedimento en los ríos y estos a su vez provoquen inundaciones poniendo en peligro el suministro de agua para la población.

Los bosques son los encargados de regular y regresar las superficies acuíferas ubicadas en el subsuelo a través de la filtración de agua, las cuales son importantes por su afloramiento en la parte baja de la cuenca. Así que si seguimos perdiendo nuestros bosques, también estamos perdiendo el mejor regulador natural de agua. (Kourous, 2003).

Para mantener los bosques debemos preservar la biodiversidad ecológica, proyectar lo que pueda pasar con el bosque y su recarga hídrica en los próximos años, lamentablemente todos los antecedentes que se ha dado y se viene dando, da una idea de que bajará las precipitaciones y los suministros de agua captados por el bosque, y hablamos de tipos de vegetación y animales que son endémicas de la zona, el desarrollo de un bosque depende al ciclo de vida de cada uno de sus elementos y si uno de ellos falla o se pierde, se verá reflejado en su totalidad.

Por otro lado gracias a los bosques millones de personas pueden respirar aire limpio, libre de contaminantes, ya que estos ayudan a reducir las emisiones de CO₂ y otros a través de la respiración de los árboles. Según un estudio elaborado por científicos del Woods Hole Research Center y de la Universidad de Boston, la pérdida de bosques por la degradación y deforestación hace que ya no absorban CO₂ si no que lo liberen, por ello la prioridad de protección de bosques y a sus defensores, a través de mejora en políticas para la restauración de tierras forestales. (Ground, 2017)

El bosque relicto de Cachil se encuentra la naciente del río Cachil el que se convertirá en el río Cascas, la importancia de este río es que sus aguas riegan todo el valle de la Provincia Gran Chimú y suministran agua potable para la población. El costo de la pérdida del bosque sería muy alto pues se altera el ciclo natural del agua en la zona disminuyendo el caudal del río y esto afectaría las actividades de las poblaciones ubicados en la zona de influencia. (Weigend, 2005).

La hipótesis que planteamos es la siguiente: H_1 : La recarga hídrica del bosque relicto de Cachil es positiva con respecto a las precipitaciones y evapotranspiración. Mientras que la hipótesis nula es que H_0 : La recarga hídrica del bosque relicto de Cachil no es positiva con respecto a las precipitaciones y evapotranspiración.

El objetivo general de la presente investigación es, evaluar la recarga hídrica mediante el registro de precipitaciones y evapotranspiración del bosque relicto de Cachil-provincia Gran Chimú desde el 2006 al 2016.

Como primer objetivos específico tenemos analizar la tendencia de los registros de precipitaciones cercanos al bosque relicto de Cachil desde el 2006 al 2016; el segundo es analizar la Tendencia en las precipitaciones para los próximos 10 años; el tercero es calcular la evapotranspiración mediante el software CROPWAT.

II. MÉTODO

1.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es Descriptiva No experimental, y se apoya en revisión de información científica en el ámbito Regional y mundial.

No se contempla tratamientos, estímulos ni repeticiones, sin embargo los resultados determinan los objetivos específicos del presente estudio.

1.1.1. Por su tipo

Es aplicado, ya que según Murillo (2008), lo domina como investigación empírica, porque su función es buscar el uso de experiencias adquiridas, como también son adquiridas por otros, por siguiente en unir y resolver la práctica referente en investigación. La aplicación de experiencias y resultados de la investigación tiene un resultado en forma organizada, aparente y consecuente de saber la realidad.

1.1.2. Por su nivel

El estudio es descriptivo, ya que según Bunge (1987), lo domina también como investigación diagnóstica, porque la mayor parte de los que se redacta y se investiga no entra a fondo, por ello su función es describir y distinguir una situación concreta caracterizando los rasgos menos conocidos

1.1.3. Por su diseño

La investigación es no experimental, ya que según Kerlinger (1979, p. 116). llamado también investigación expos-factor, consiste en que no se va manipular los variables del estudio y/o las condiciones.

1.2. Operacionalización de variables

1.2.1. Variable

Recarga Hídrica del bosque

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Recarga Hídrica del bosque	La recarga hídrica en un bosque se obtiene a través de la determinación de la cantidad de agua que se puede captar en un bosque a través de todos sus recursos y el equilibrio entre otros, uno de ellos es saber la precipitación y evapotranspiración (Temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento).	Se determina mediante los datos de la estación meteorológica del ANA, como las precipitaciones registrados cerca al bosque; y la determinación del requerimiento de agua a través del uso del software Cropwat de la FAO.	<ul style="list-style-type: none"> • Regímenes de lluvia (registro de precipitaciones) • Temperatura máxima (°C) • Temperatura mínima (°C.) • Humedad (%) • Velocidad de viento (km/día) • Insolación (horas) • Evapotranspiración • Humedad de suelo • Tasa máxima de infiltración • Profundidad radicular (m) • Kc • Etapas de crecimiento de la planta (días) • Agotamiento crítico (fracción) • Respuesta de rendimiento • Altura del cultivo (m)

1.3. Población y muestra

1.3.1. Población

Está constituida por los datos climatológicos de la estación Contumazá Código 354 Latitud -7.35 longitud -78.816667, más próxima al Bosque de Cachil, ver Anexo 5, y datos climatológicos de referencia de la estación Huamanga Código 000661 Latitud -13.15 Longitud -74. 236944, por encontrarse a una elevación similar a la Estación Contumazá.

1.3.2. Muestra

Está constituida por los datos de los últimos de los años del 2006 al 2016 de las precipitaciones, temperatura máxima y mínima, porcentaje de humedad y velocidad de viento de la estación antes mencionada

1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

1.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el trabajo de investigación se empleará como técnica de recolección de datos la observación, ya que nos permite observar el comportamiento de la variable de estudio, como se lleva a cabo, tiempo, lugar, y el por qué, pudiendo así recopilar, acumular y transformar los datos en función de la investigación. (Belet, 2013, p.2-3).

1.4.2. Instrumento

Los datos meteorológicos se presentaron en hojas de Excel, indicando el nombre y ubicación de la estación de donde fueron tomados., siendo estas nuestras fichas de recolección de datos. Ver anexo (3)

1.5. Procedimiento

Análisis de la tendencia de las precipitaciones (2006-20016), se usó hoja de cálculo de Excel para analizar la información meteorológica.

Análisis de tendencia de las precipitaciones proyectadas (2017-2027), se usó la metodología Box Jenking.

Evapotranspiración, se usó la ecuación de la FAO Penmam Monteith.

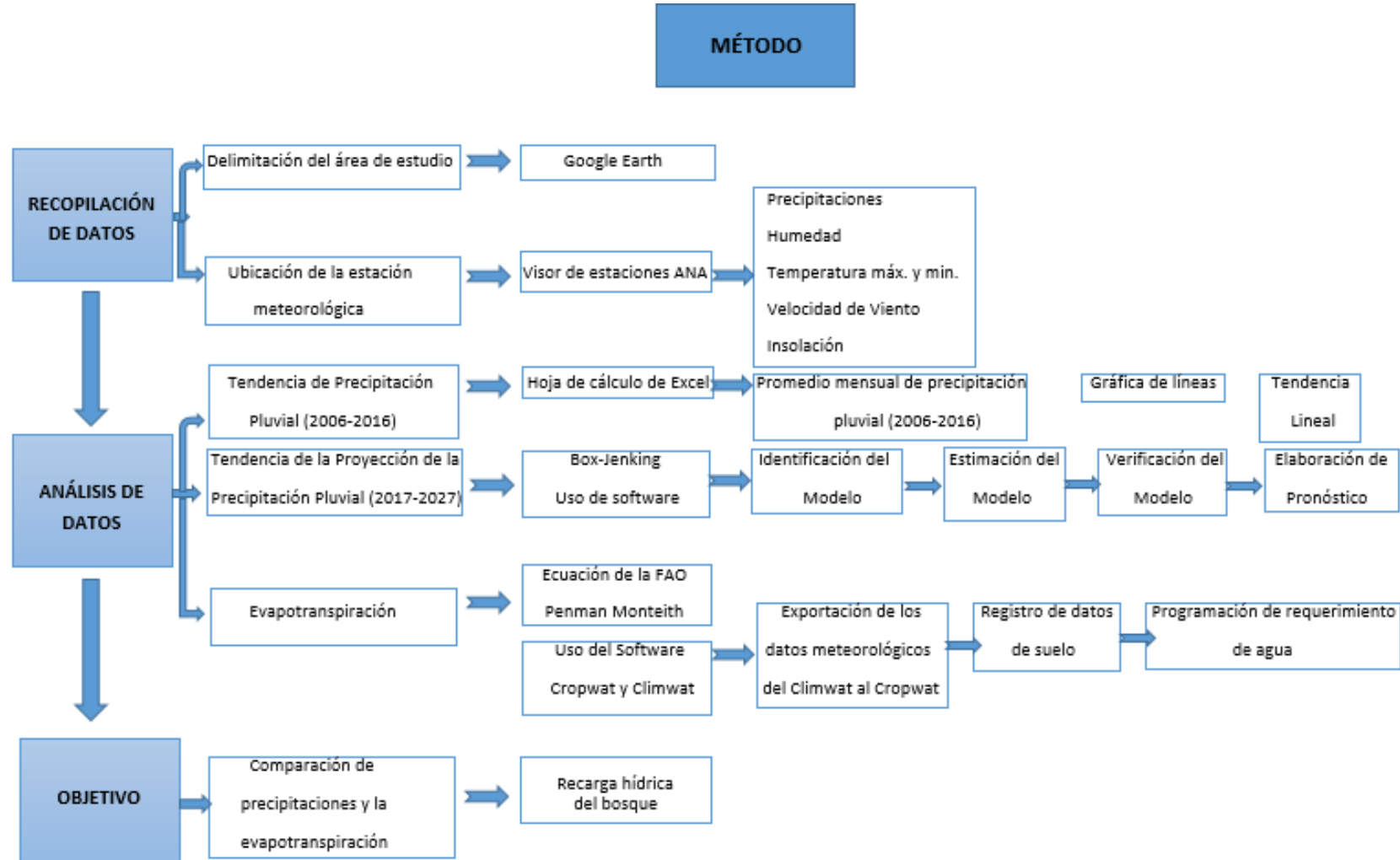


Figura 2. Diagrama de bloques.

1.6. Método de análisis de datos

El análisis de los datos se realizó a través de tres métodos, el primero para cumplir con el objetivo de analizar la tendencia de las precipitaciones pluviales de los años 2006 al 2016, a través de una hoja de cálculo de Excel; la segunda metodología que se aplicó es la de Box – Jenking con el software Minitab 10 para identificar el modelo y elaborar la proyección desde el 2017 al 2027 respectivamente, y por último usamos la ecuación de la FAO Penman Monteith con el software CROPWAT Y CLIMWAT para obtener la evapotranspiración. A través del resultado de éstos métodos podremos obtener la recarga hídrica el bosque y comparar el promedio anual de las precipitaciones proyectas con el requerimiento de agua del bosque.

1.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo de éste proyecto tuvimos en cuenta lo siguiente:

Rigor científico, se obtiene al usar una metodología establecida para la obtención, análisis e interpretación de los datos con los que se trabajará para obtener los resultados de la investigación.

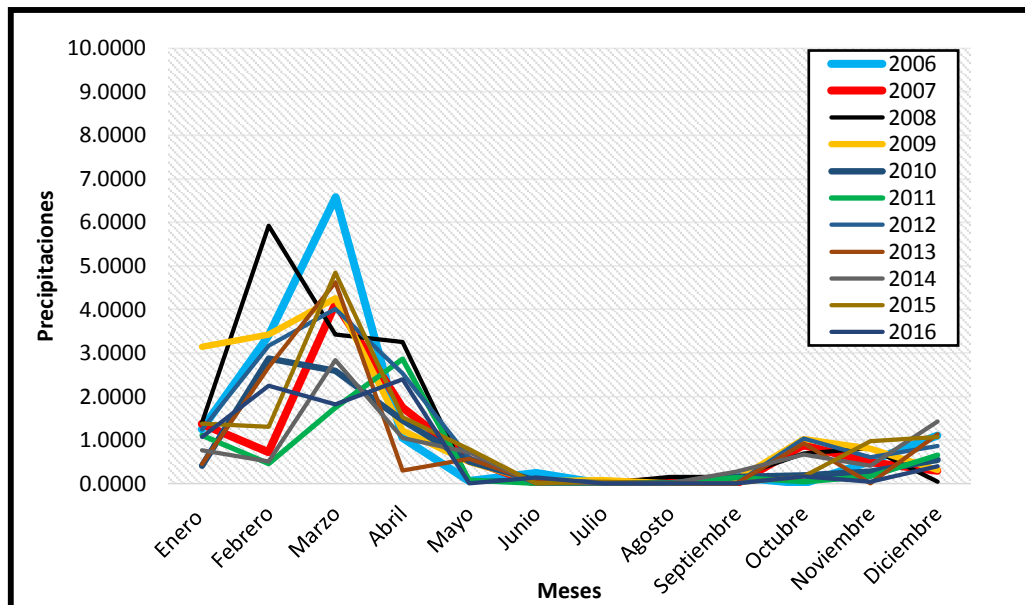
Honestidad, referido a que nosotros como investigadores presentamos los resultados de nuestra investigación con total transparencia y evitando el plagio de las investigaciones de otros autores respetando sus derechos de propiedad intelectual.

Responsabilidad, aseguramos que la presente investigación se desarrolló cumpliendo los requisitos éticos y condiciones establecidas en los proyectos de investigación.

III. RESULTADOS

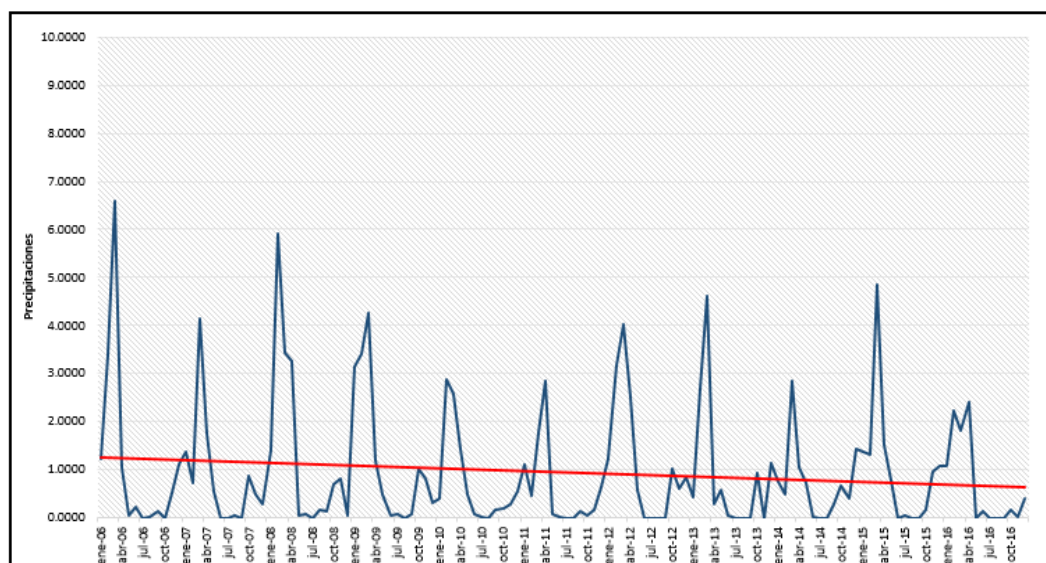
3.1.Tendencia de la precipitación pluvial periodo Ene2006 – Dic2016.

Se generó usando los datos de las precipitaciones pluviales promedios mensuales de la estación meteorológica de Contumazá desde el año 2006 al 2016, ver anexo (2), a través de la hoja de cálculo de Excel realizamos una gráfica lineal y una tendencia lineal.



Gráfica 1. Comportamiento mensual de las precipitaciones de la estación Contumazá periodo Ene2006 – Dic2016.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2. Tendencia lineal del comportamiento mensual de las precipitaciones de la estación Contumazá periodo Ene2006 – Dic2016.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: según la gráfica 1 como resultado tenemos que los datos de precipitación pluvial obtenidos muestran un comportamiento estacional, donde los meses de enero a mayo tienen la mayor precipitación durante el año, en los meses de junio a setiembre la precipitación es casi cero siendo la mínima y en los meses de octubre a diciembre se incrementa siendo la precipitación media del año; así mismo muestra una tendencia lineal que al transcurrir los años va descendiendo, lo cual indica que las precipitaciones son menores cada año.

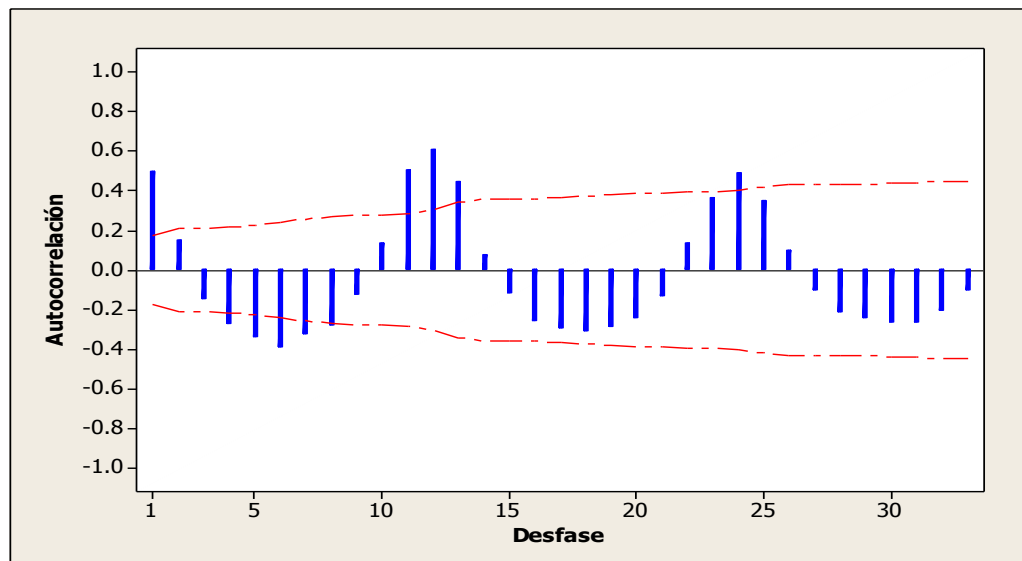
3.2.Tendencia de la proyección de la precipitación pluvial periodo Ene2017 – Dic2027.

3.2.1. Aplicación de la Metodología Box-Jenking

La *metodología Box-Jenkins* se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible. Esta metodología sigue los siguientes pasos: identificación del modelo; estimación del modelo; verificación del modelo y elaboración de pronósticos.

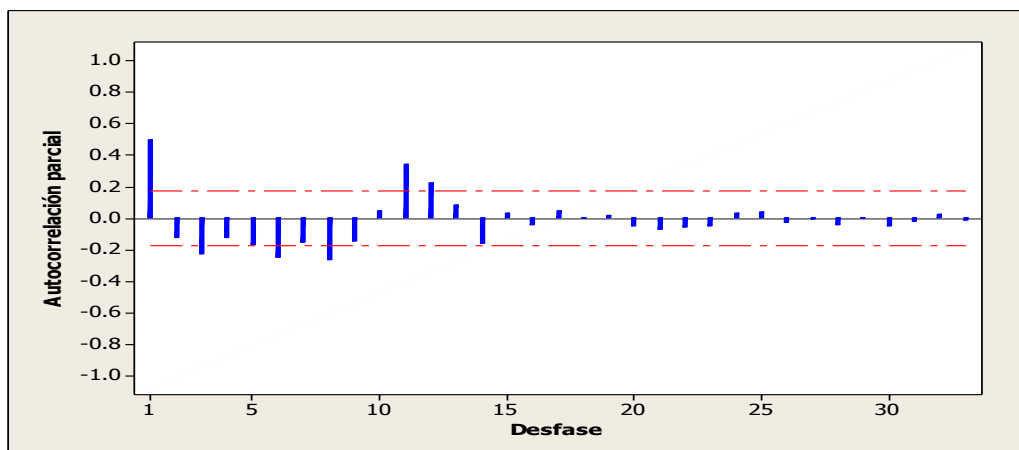
3.2.2. Identificación del modelo

Primero obtenemos la “Función de Auto correlación” (FAC) y la “Función de Auto correlación Parcial” (FACP). Estas funciones de auto correlación son gráficos basadas en las auto correlaciones en base a los valores originales de la serie “Precipitaciones”, las cuales presentamos a continuación.



Gráfica 3. Función de Auto correlación (FAC) para los datos originales de Y: Precipitaciones.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 4. Función de Auto correlación Parcial (FACP) para los datos originales de Y: Precipitaciones.

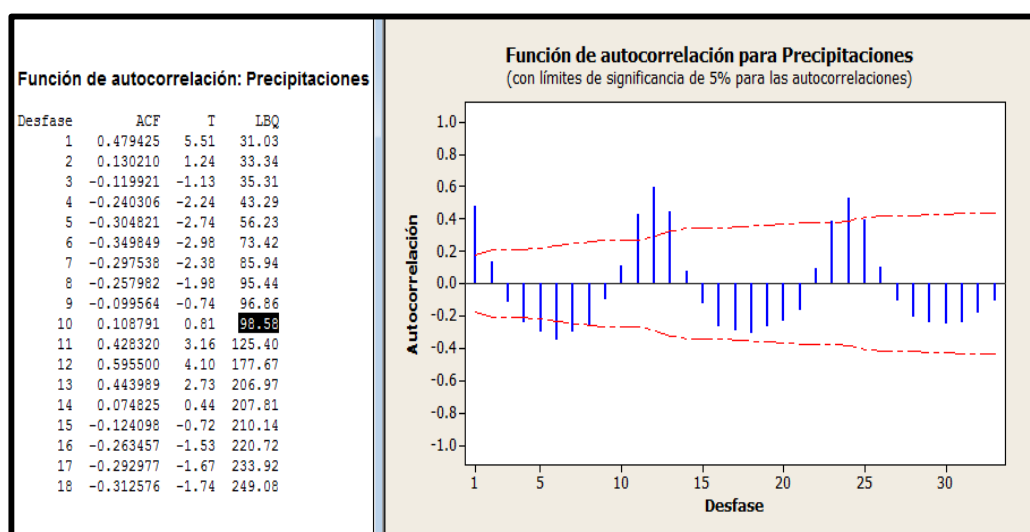
Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de auto correlación FAC y FACP nos indica la serie Y: Precipitaciones de la estación CONTUMAZA, es ESTACIONAL anual (12 meses) ya que su comportamiento es sinusoidal cada 12 desfases. Por lo tanto necesitamos estimar una modelo estacional SARIMA (ARIMA ESTACIONAL).

También se realizó la Prueba Q de Lung-Box (Prueba LBQ) Modificado para verificar si la serie es estacionaria (La serie presenta variabilidad alrededor del promedio a través del tiempo). Las hipótesis de esta prueba son:

Ho: La serie es estacionaria

H1: La serie no es estacionaria



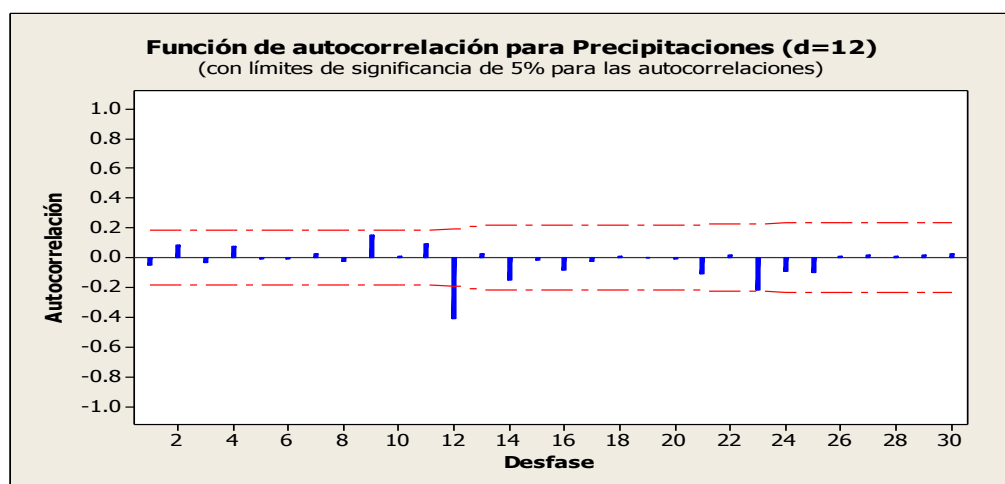
Gráfica 5. Resultados de la Prueba LBQ

Fuente: Elaboración propia

Al evaluar el valor LBQ para los 10 primeros desfases resulto como valor $LBQ=98.58 > 18.3$ (Valor Chi cuadrado) por lo que se rechaza H_0 , concluyéndose que la serie es NO estacionaria, es decir presenta tendencia, concluyéndose que la serie tiene que diferenciarse para lograr que la serie sea estacionaria.

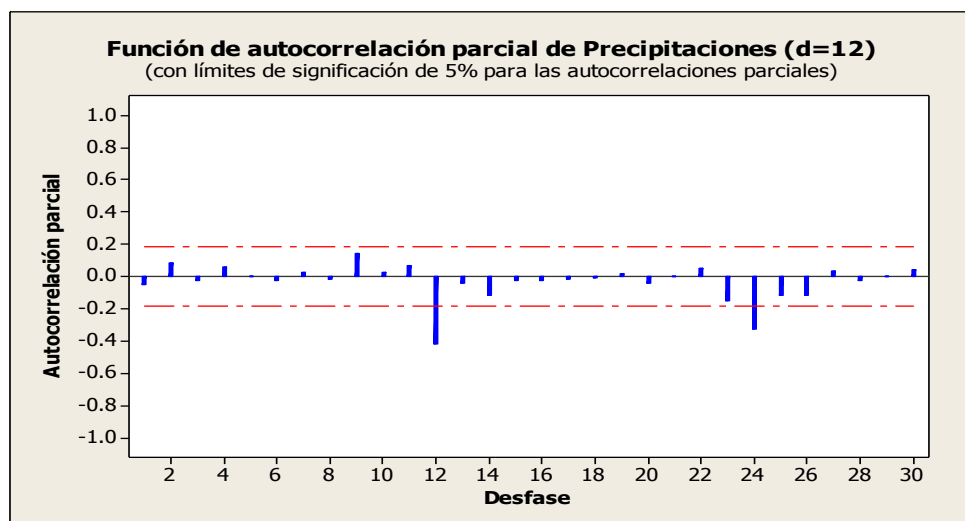
3.2.3. Estimación del modelo

Para estimar el mejor modelo primero tenemos que diferencias la serie original y luego obtener sus correlogramas. La serie se diferenci6 en base a $(d=12)$ ya que la serie presenta estacionalidad anual (12 meses). Los correlogramas obtenidos son los siguientes:



Gráfica 6. Función de Auto correlación (FAC) para los datos diferenciados ($d=12$).

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 7. Función de Auto correlación Parcial (FACP) para los datos diferenciados ($d=12$).

Fuente: Elaboración propia

Las funciones de auto correlación FAC y FACP nos indica que las autocorrelaciones están dentro de la banda intervalica pero existe una correlación que supera esta banda en el rezago 12 (ya sea en el FAC como en el FACP), por lo tanto, ya tenemos indicios que el modelo se ajusta a un promedio móvil estacional de orden 1 (SMA(1)) y a un autoregresivo estacional de orden 1 (SAR(1)).Por lo tanto los diferentes modelos SARIMA estimados son los siguientes:

Modelo SARIMA Estacional	(0,0,0)(1,1,0)	(0,0,0)(0,1,1)	(0,0,0)(1,1,1)	(1,0,1)(1,1,0)	(1,0,1)(0,1,1)	(1,0,1)(1,1,1)
Cte						
AR(1)				-0.642 (ns.)	-0.619 (ns.)	-0.873 (ns.)
MA(1)				-0.607 (ns)	-0.591 (ns)	-0.943 (*)
SAR(12)	-0.460 (*)		-0.145 (ns.)	-0.514 (*)		0.432 (*)
SMA(12)		0.889 (*)	0.894 (*)		0.880 (*)	0.895 (*)
σ^2	0.881	0.55	0.56 y	0.84	0.56	0.54
ECM	104.79	66.57	64.58	98.56	66.43	63.73
Prueba LBQ (Valor p)	0.81	0.95	0.90	0.75	0.71	0.587

Tabla 1. Estimación de Modelos SARIMA (ARIMA estacionales) para la serie precipitaciones de la estación CONTUMAZA.

Nota:

Cte: Constante del Modelo SARIMA; AR (1): Término autoregresivo regular; MA(1): Término de promedio móvil regular; SAR(1). Término autoregresivo estacional; SMA(1): Término de promedio móvil estacional; σ^2 : Varianza del modelo; ECM: Error Cuadrático Medio

Fuente: Análisis Estadístico con Minitab 10.

Al evaluar estos resultados encontramos que el mejor modelos SARIMA para los datos precipitaciones de la estación CONTUMAZA es el modelo (1,0,1)(1,1,1) ya que presenta la menor varianza con un valor de 0.54 y un mejor error cuadrático medio (ECM) con valor 0.587.

3.2.4. Verificación del modelo

En la etapa de verificación del modelo se evalúa si este modelo encontrado es bueno para lo cual se deben realizar un análisis de los residuales obtenido con este modelo

estimado. Estos residuales deben ser aleatorios, es decir, las autocorrelaciones residuales deben ser pequeñas. Se evalúan a través de la Prueba Q de Ljung-Box (LBQ) donde su valor p debe ser mayor que 0.05 para que el modelo sea adecuado.

Ho_ El modelo es adecuado

H1: El modelo es inadecuado

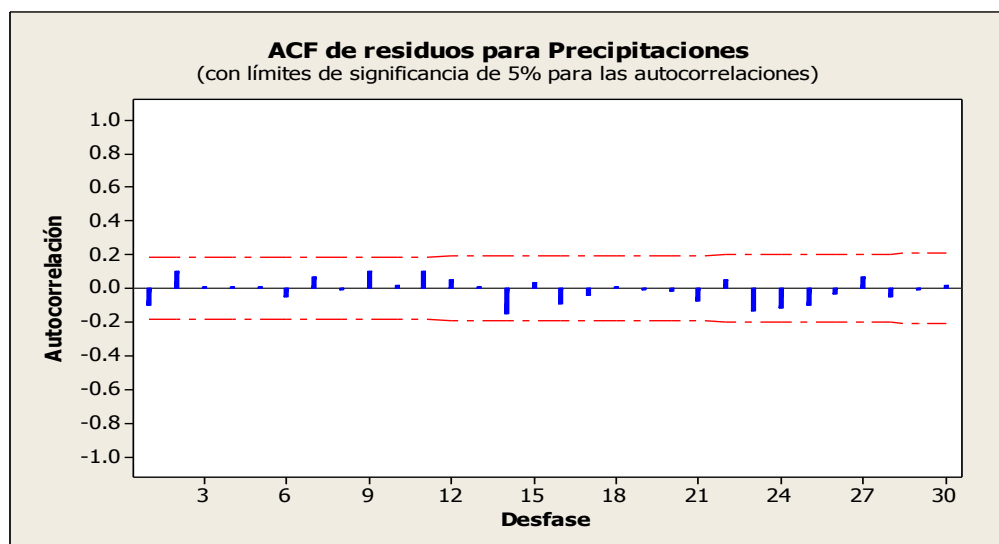
El valor p en la prueba LBQ fue de $p=0.587 > 0.05$ por lo que se concluye que el modelo estimado es bueno.

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	6.5	17.2	23.0	28.1
GL	8	20	32	44
Valor P	0.587	0.637	0.880	0.970

Tabla 2. Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

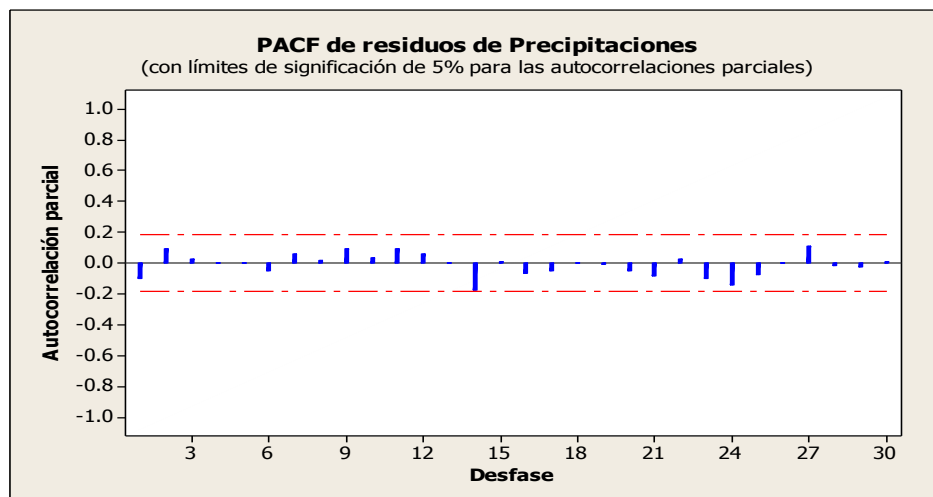
Fuente: Análisis estadístico con Minitab 10.

Además, la verificación los correlogramas FAC y FACP de los residuales del modelo. Aquí observamos que las correlaciones de los residuales no superan la banca intervalica. Por lo que se concluye que el modelo estimado es aceptable, es válido.



Gráfica 8. Correlogramas FAC para los residuales del modelo SARIMA (1,0,1)(1,1,1).

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 9. Correlogramas FACP para los residuos del modelo SARIMA (1,0,1)(1,1,1).

Fuente: Elaboración propia

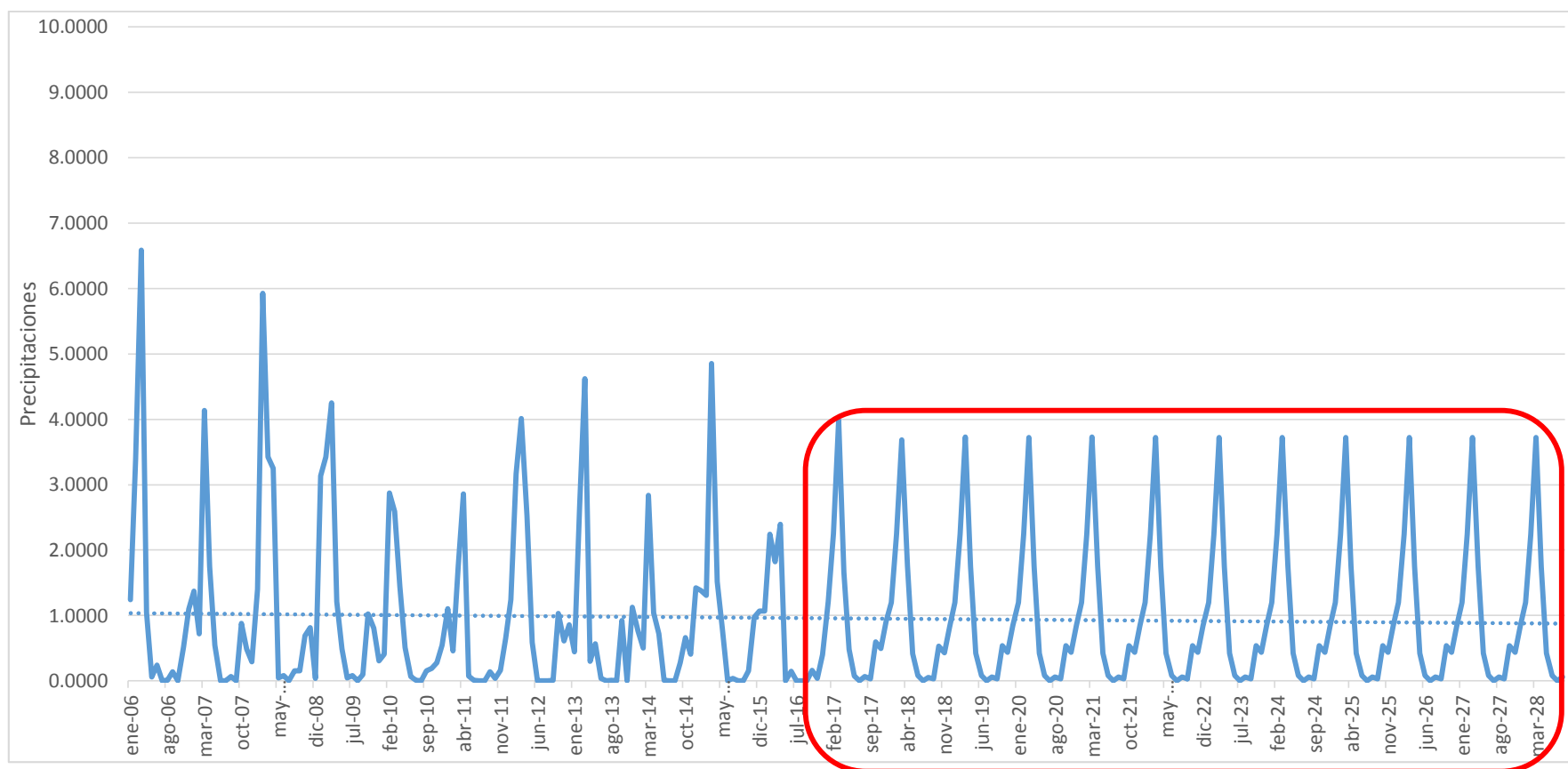
3.2.5. Elaboración de pronósticos

Finalmente se validó el modelo encontrado, por lo que se procedió a realizar los pronósticos para los próximos 10 años. Estos pronósticos lo presentamos en la siguiente tabla:

Mes	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Enero	1.2107	1.1958	1.1990	1.1987	1.1988	1.1988	1.1988	1.1988	1.1988	1.1988	1.1988
Febrero	2.2481	2.2431	2.2430	2.2428	2.2428	2.2428	2.2428	2.2428	2.2428	2.2428	2.2428
Marzo	3.9934	3.6860	3.7308	3.7246	3.7255	3.7254	3.7254	3.7254	3.7254	3.7254	3.7254
Abril	1.6593	1.7617	1.7463	1.7484	1.7481	1.7481	1.7481	1.7481	1.7481	1.7481	1.7481
Mayo	0.4777	0.4123	0.4222	0.4209	0.4211	0.4211	0.4211	0.4211	0.4211	0.4211	0.4211
Junio	0.0763	0.0835	0.0820	0.0821	0.0821	0.0821	0.0821	0.0821	0.0821	0.0821	0.0821
Julio	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Agosto	0.0686	0.0568	0.0580	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578	0.0578
Septiembre	0.0332	0.0302	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309	0.0309
Octubre	0.5953	0.5314	0.5402	0.5389	0.5391	0.5391	0.5391	0.5391	0.5391	0.5391	0.5391
Noviembre	0.4946	0.4304	0.4398	0.4385	0.4387	0.4387	0.4387	0.4387	0.4387	0.4387	0.4387
Diciembre	0.9054	0.8319	0.8422	0.8407	0.8409	0.8408	0.8408	0.8408	0.8408	0.8408	0.8408

Tabla 3. Pronósticos de la precipitaciones en la estación Contumazá según el modelo SARIMA (1,0,1)(1,1,1), para el periodo Enero 2017 – Dic2027.

Fuente: Modelo SARIMA (1,0,1)(1,1,1). Minitab 10.



Gráfica 10. Comportamiento mensual de las precipitaciones de la estación Contumazá y sus pronósticos. Periodo Ene2006-Ago 2028

Fuente: Elaboración propia

3.3.Determinación de la evapotranspiración

3.3.1. Uso del registro de datos meteorológicos de la Estación Contumazá

La primera pestaña que encontramos en el CROPWAT es la de clima/ET0, en la cual se requiere los datos presentados en la siguiente imagen, todos ellos son promedios mensuales del año 2012 encontrados en la base de datos de la estación de Contumazá, a excepción del porcentaje de humedad que se tomó como dato de referencia de la estación Huamanga, los cuales fueron obtenidos de la página del ANA y en el caso del porcentaje de humedad se exportó desde la base de datos del CLIMWAT.

País	Perú			Estación	CONTUMAZÁ			
Altitud	2773	m.	Latitud	7.35	°S	Longitud	78.81	°W
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día	
Enero	10.6	18.0	64	1.9	5.3	18.0	3.55	
Febrero	10.1	17.8	69	1.9	5.5	18.4	3.46	
Marzo	10.4	19.7	70	1.9	6.5	19.7	3.71	
Abril	9.6	19.0	58	1.8	6.5	18.4	3.61	
Mayo	9.0	20.6	57	2.0	7.7	18.7	3.68	
Junio	7.1	21.5	51	2.2	9.2	19.6	3.92	
Julio	7.3	22.3	50	2.8	9.5	20.4	4.36	
Agosto	7.7	21.1	59	2.5	8.7	20.9	4.10	
Septiembre	8.7	21.3	54	2.4	8.4	22.0	4.49	
Octubre	10.2	19.0	53	1.9	6.1	19.2	3.98	
Noviembre	7.9	19.2	48	1.7	7.9	22.0	4.25	
Diciembre	9.5	18.9	58	2.0	6.7	20.0	3.94	
Promedio	9.0	19.9	58	2.1	7.3	19.8	3.92	

Imagen 2. Datos meteorológicos de la estación Huamanga y cálculo de la ET0.

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: en la imagen anterior se puede observar los datos de temperatura mínima y máxima en °C con un promedio de 9.0 y 19.9 respectivamente, el porcentaje de humedad promedio de 58%, un promedio de 2.1 m/s de velocidad de viento, insolación diaria promedio de 7.3, con lo cual obtuvimos una radiación promedio de 19.8 MJ/m²/día y la ET0promedio de 3.92 mm/día.

3.3.2. Uso del registro de datos de las precipitaciones pluviales de la estación de Contumazá

La segunda pestaña del CROPWAT nos pide que ingresemos los promedios mensuales de las precipitaciones pluviales, en este caso usaremos los datos del año 2012 obtenidos de la estación meteorológica de Contumazá, los cuales fueron encontrados en la base de datos del ANA.

Estación	CONTUMAZÁ	Método Prec. Ef	Método USDA S.C.
	Precipit.	Prec. efec	
	mm	mm	
Enero	1.2	1.2	
Febrero	3.2	3.2	
Marzo	4.0	4.0	
Abril	2.5	2.5	
Mayo	0.6	0.6	
Junio	0.0	0.0	
Julio	0.0	0.0	
Agosto	0.0	0.0	
Septiembre	0.0	0.0	
Octubre	1.0	1.0	
Noviembre	0.6	0.6	
Diciembre	0.9	0.9	
Total	14.0	13.9	

Imagen 3. Precipitaciones mensuales de la estación Huamanga y precipitación efectiva

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: en la imagen anterior podemos apreciar los datos de las precipitaciones pluviales por mes del año 2012 y su promedio anual el cual es 14.0 mm, con lo cual obtuvimos la precipitación efectiva, siendo esta 13.9 mm.

3.3.3. Uso del registro de datos del cultivo obtenidos del CROPWAT

En la tercera pestaña del CROPWAT debemos ingresar los datos del cultivo referencial que usaremos, en este caso decidimos usar el cultivo Turf grass cool (césped fresco), ya que el Bosque de Cachil tiene una cubierta total de vegetación en el suelo al igual que un cultivo de Grass, el cual también mantiene una humedad continua del suelo y es parecido a un colchón de agua, lo cual funciona como un almacenamiento de este, estos datos se muestran en la siguiente imagen. Ver imagen (4).

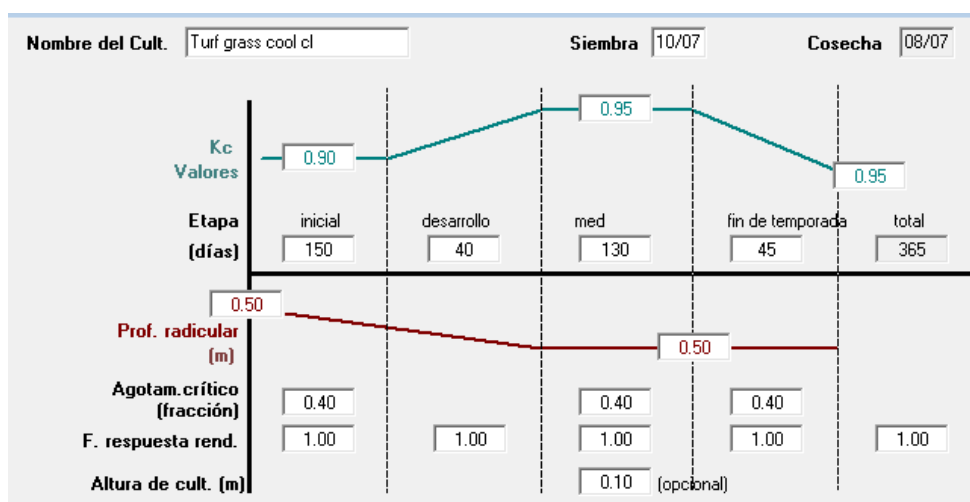


Imagen 4. Datos del cultivo referencial GRASS.

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: esta imagen nos muestra datos del cultivo de Turf gras cool (césped fresco), tenemos los valores de Kc que son 0.90 para la etapa inicial, 0.95 en la media y 0.95 de la final; el número de días de las etapas de crecimiento del cultivo, en la etapa inicial tenemos 150 días, desarrollo 40 días, medio 130 días y fin de temporada 45 días; la profundidad radicular es de 0.50 m al inicio y al final; la fracción de agotamiento crítico es de 0.40 al inicio, medio y final; la respuesta de rendimiento es de 1.0 para inicio, desarrollo, medio y fin; y por último la altura del cultivo es 0.10m.

3.3.4. Uso de registro de datos de suelo del CROPWAT

La cuarta pestaña del CROPWAT nos pide ingresar datos sobre el tipo de suelo que se encuentra en el Bosque de Cachil, el cual es de tipo Heavy (pesado), éstos suelos se caracterizan por tener una textura fina y predominan en ellos las partículas de limo y arcilla, usamos la base de datos que tiene el software, en la imagen 3 observamos cuales son los datos requeridos.

Nombre del suelo		
Heavy (clay)		
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	200.0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	200.0	mm/metro

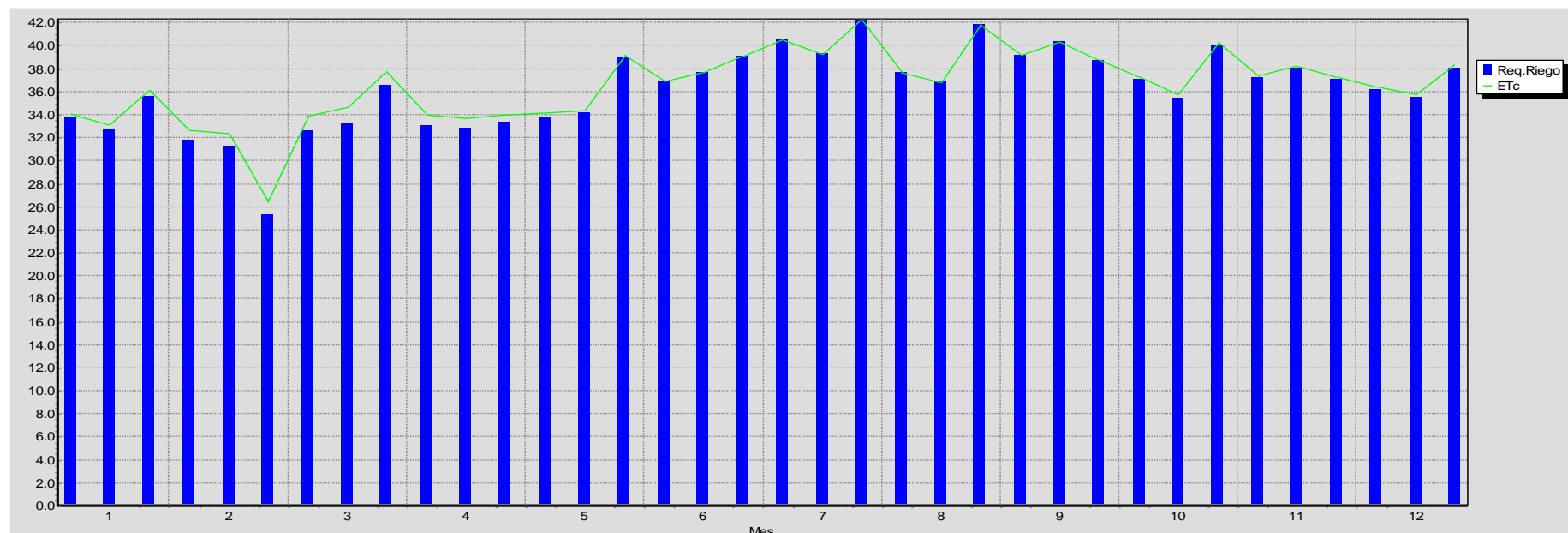
Imagen 5. Datos del tipo de suelo del Bosque Cachil

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: la imagen anterior nos muestra los datos generales del tipo de suelo Heavy (pesado), que es el que se encuentra en el Bosque Cachil, lo primero que se muestra es la humedad de suelo disponible total (CC-PMP) que es 200.00 mm/m; luego tenemos la tasa máxima de infiltración de la precipitación que es 40 mm/día; lo siguiente es la profundidad radicular máxima siendo esta 900 centímetros, tenemos también el agotamiento inicial de humedad de suelo (como % de ADT) que es 0%; y por último la humedad de suelo inicialmente disponible que es 200mm/m.

3.3.5. Programación de requerimiento de agua del cultivo

Una vez que se ha ingresado todos los datos anteriores requeridos por el CROPWAT, se genera con ellos la programación de requerimiento de agua del cultivo, en este caso el Turf grass cool (césped fresco), se presenta la información en la siguiente gráfica. Ver anexo 3, Imagen 5.



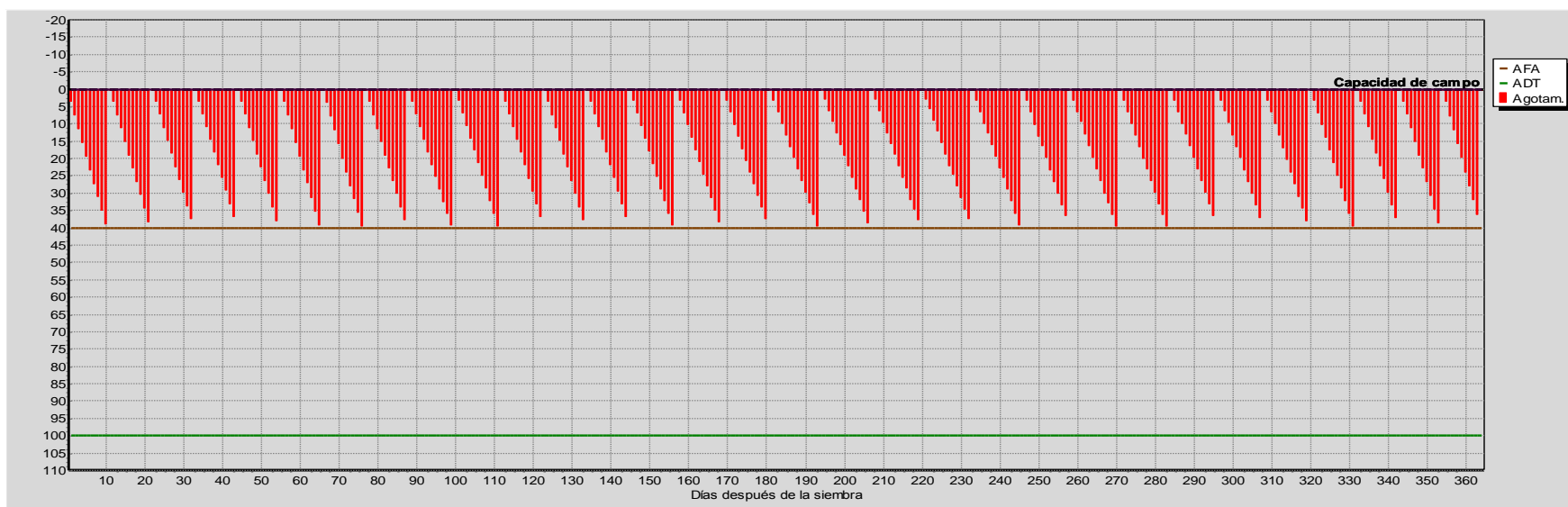
Gráfica 11. Programación de requerimiento de agua del cultivo de Grass

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: la gráfica nos muestra con las barras de color azul el requerimiento de agua del cultivo decadiario de los doce meses que dura el desarrollo de la planta y la evapotranspiración con la línea de color verde, observamos en la parte de inferior de la gráfica los meses y en la parte izquierda el agua en mm requerida, siendo el mayor requerimiento de agua en el mes de julio y agosto con 42 y 41 mm de agua, razón de esto es la mínima precipitación en estos meses.

3.3.6. Programación de riego

La programación de riego se genera a través de todos los datos anteriormente ingresado al CROPWAT, la intención de generar esta información es saber la cantidad de agua que se tiene a través de las precipitaciones, hallando la lámina bruta total, la cual es una capa de agua con la que una superficie de tierra quedaría cubierta por un volumen de agua, ésta se compone de una fracción de reserva útil a los efectos de la evapotranspiración, correspondiendo así a la aportación del riego, el cual es comparado con el requerimiento de agua del cultivo. Ver anexo 4.



Gráfica 12. Programación de riego.

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: esta grafica nos muestra la relación entre los días después de la siembra con respecto a la retención de agua en el suelo, nos muestra también el agua disponible total (ADT) que sería de 100mm, el agua fácilmente aprovechable (AFA) que es de 40mm y el agotamiento de agua en los distintos días durante todo el año.

Totales					
	Lámina bruta total	1860.4	mm	Precipitación total	14.1 mm
	Lámina neta total	1302.3	mm	Precipitación Efectiva	12.0 mm
	Pérdida total de riego	0.0	mm	Pérdida tot.prec.	2.1 mm
	Uso real de agua del cultivo	1314.3	mm	Def. de hum. en cosecha	0.0 mm
	Uso pot. de agua del cultivo	1314.3	mm	Requer. reales de riego	1302.3mm
	Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	85.3 %
	Deficiencia de programación de riego	0.0	%		

Imagen 6. Totales de la programación de riego.

Fuente: Software CROPWAT

Interpretación: en esta imagen podemos observar la obtención de la lámina brutal total que es 1860.4 mm, la cual la comparamos con el requerimiento real de riego que es 1302.3 mm, siendo tan solo el 70% del total de agua que se obtiene por las precipitaciones, lo que quiere decir que el otro 30% se almacenaría.

IV. DISCUSIÓN

- El análisis de los datos mostrados en la gráfica 1, nos indica que La tendencia encontrada tiene un comportamiento estacional, esto quiere decir que, según (Hanke, 2010) los datos estacionales tienen un patrón distintivo que se repite cada año, así mismo tenemos que la tendencia encontrada es decreciente año a año, la cual se muestra en la gráfica 2, lo que nos indica a percepción visual que es una tendencia no estacionaria, para respaldar esta teoría evaluamos los datos a través de la Prueba Q de Ljung-Box (LBQ) donde su valor p debe ser mayor que 0.05 para decir que es estacionaria (Hanke, 2010) llegando así a la confirmación de que el comportamiento de nuestros datos no es estacionaria.
- Con respecto a la identificación del modelo que se aplicó para obtener el pronóstico de las precipitaciones pluviales, se usó la metodología de Box-Jenking, la cual se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible (Hanke, 2010), esto es un modelo ARIMA, el cual se compone por (p,d,q), p hace referencia a la autoregresión de los datos que se muestran la función de correlación parcial (FACP), d es la diferenciación de los correlogramas y q es el promedio móvil de los datos que se muestra en la función de correlación (FAC); a este modelo le sumamos la parte del comportamiento estacional de los datos, convirtiéndose así en un modelo SARIMA (ARIMA estacional), este modelo requiere que el comportamiento de los datos a analizar sea estacionario lo cual no lo es según el resultado de la prueba LBQ, para ello realizaremos una diferenciación.
- Para estimar el mejor modelo primero tenemos que diferenciar la serie original y luego obtener sus correlogramas. La serie se diferenció en base a (d=12) ya que la serie presenta estacionalidad anual (12 meses). A partir de estos resultados ya tenemos indicios que el modelo se ajusta a un promedio móvil estacional de orden 1 (SMA(1)) y a un autoregresivo estacional de orden 1 (SAR(1)), lo cual es una base para estimar otros modelos y hallar el mejor, en la tabla 2 presentamos los modelos SARIMA estimados para las precipitaciones, al evaluar estos resultados encontramos que el mejor modelos SARIMA para estos datos de la estación CONTUMAZA es el modelo (1,0,1)(1,1,1) ya que presenta la menor varianza con un valor de 0.54 y un mejor error cuadrá

tico medio (ECM) con valor 0.587, ya que estos valores son los más bajos a comparación de los demás modelos.

- La verificación del modelo se hizo a través de la Prueba Q de Ljung-Box (LB Q), la cual nos da como resultado que el comportamiento de los datos es estacionario, ya que su valor p debe ser mayor que 0.05 para que el modelo sea adecuado, y el resultado de nuestra prueba fue $p = 0.587$. ver tabla 3; Además también se hizo la verificación de los correlogramas FAC y FACP de los residuales del modelo. Aquí observamos que las correlaciones de los residuales no superan la banca intervalica. Ver gráfica 8 y 9, por lo que se concluye que el modelo estimado es aceptable y es válido. Una vez validado el modelo encontrado se procedió a generar los pronósticos para los próximos 10 años, los cuales se muestran en la tabla 3 y gráfica 10
- Para generar los resultados de la evapotranspiración a través de la ecuación de la FAO Penman Monteith, (ver anexo5) con el software CROPWAT, también de la FAO, se tomó datos de la Estación Meteorológica de Contumazá, y de la Estación Meteorológica de Huamanga para el caso de porcentaje de Humedad Relativa ya que en la estación de Contumazá no se encontraba y en ésta sí, la razón por la que se tomó como referencia esta estación es porque coincide con la elevación a la que se encuentra la estación de Contumazá, los datos meteorológicos que se usaron son, temperatura máxima y mínima, porcentaje de humedad, velocidad de viento, insolación y precipitaciones; así mismo se tomó también datos de referencia del cultivo de Turf grass cool (césped fresco), haciendo una semejanza a la cubierta vegetal total del Bosque de Cachil, los datos que se requieren son, valores K_c , días de cada etapa de crecimiento del cultivo, profundidad radicular, agotamiento crítico, respuesta de rendimiento y la altura del cultivo, otros datos requerido son características del tipo de suelo como, humedad de suelo disponible total, tasa máxima de infiltración de las precipitaciones, profundidad radicular máxima, agotamiento inicial de humedad de suelo y humedad de suelo inicialmente disponible, todos estos datos se obtuvieron de la base de datos del CROPWAT.
- A través de los datos antes mencionado se generó la gráfica 11 la cual nos muestra el requerimiento de agua del cultivo de Grass decadiario de los doce

meses que dura el desarrollo de la planta, siendo el mayor requerimiento de agua en el mes de julio y agosto con 42 y 41 mm de agua, razón de esto es la mínima precipitación pluvial que se tiene en estos meses; la gráfica 12 nos muestra la relación entre los días después de la siembra con respecto a la retención de agua en el suelo, también el agua disponible total (ADT) que sería de 100mm, el agua fácilmente aprovechable (AFA) que es de 40mm y el agotamiento de agua en los distintos días durante todo el año; en la tabla 10 encontramos los totales de la programación, observamos que la lámina brutal total es 1860.4 mm, la cual la comparamos con el requerimiento real de riego que es 1302.3 mm, siendo tan solo el 70% del total de agua que se obtiene por las precipitaciones, lo que quiere decir que el otro 30% se almacenaría.

V. CONCLUSIONES

- Se encontró un comportamiento estacional en los datos, ya que son notables las estaciones del año y estas se repiten año a año, tenemos las máximas precipitaciones en los meses de enero a mayo y las mínimas en los meses de junio a setiembre; así mismo nos encontramos con una tendencia lineal decreciente, lo que quiere decir que cada año las precipitaciones pluviales van disminuyendo.
- Se logró tener la proyección para los próximos 10 años a través del método de Box-Jenking y el uso del software Minitab 10, ya que encontramos un modelo que se ajusta al comportamiento de nuestros datos y este es el modelo SARIMA (1,0,1)(1,1,1); el resultado nos mostró que la tendencia de las precipitaciones pluviales de los próximos 10 años seguirá disminuyendo.
- Se obtuvo que el requerimiento de agua del cultivo Turf grass cool (césped fresco), que se usó como referencia es del 70% del total y que el 30% restante es almacenado.

VI. RECOMENDACIONES

- Elaborar un plan de contingencia sobre un posible agotamiento de agua proveniente de las lluvias en los próximos 10 años, afectando al riego y al uso doméstico de la población.
- Realizar estudios que evalué las parcelas de los bosques para llevar un registro mensual y poder determinar el estado actual del bosque.
- Instalar una estación meteorológica en el mismo bosque Cachil para el seguimiento de las precipitaciones pluviales para generar datos reales y exactos de la zona.
- Invertir en proyectos sobre cuencas y sub cuencas ubicados en Cascas, dando lugar a monitoreo en temas de Evapotranspiración.
- Tomar acciones de prevención para el aprovechamiento del bosque sobre su recarga hídrica tomando referencia este presente proyecto de investigación.
- Realizar charlas y capacitaciones a las personas aledañas al bosque sobre la importancia de las funciones del bosque y reforestar las áreas de distintas maneras, con el fin de concientizar a la población.
- Zonificar áreas de protección y zonas de manejo sustentable para una mejor retención del agua de lluvia y su distribución proveniente.
- Dado que el bosque es privado, el propietario debe promocionar los recursos naturales del bosque Cachil, dando un mantenimiento mensual con el fin de conservar la flora y fauna; y para ello facilitar el ingreso de los visitantes e interesados en conocer la zona.

REFERENCIAS

- ANDRADE RODRÍGUEZ Marisol, M. A. (2015). *Prácticas de Edafología*.
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (1999). "Conceptos básicos sobre meteorología de la contaminación del aire". manual de auto instrucción. Lima: CEPIS.
- Aqua Fundación. (2015). *Aquae Fundación*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/sabias-que/1-100-millones-personas-mundo-sufren-estres-hidrico>.
- ARAN CAMPOS Daniel. 2014. "Búsqueda de tendencias en la precipitación anual del estado de Zacatecas, México; en 30 registros con más de 50 años". Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVI, num.3. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 355-358.
- ARCOS María. 2010. "Influencia de la cobertura en la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo". Tesis para el Grado de Licenciatura en Comunicación Ambiental. Ecuador. Universidad San Francisco de Quito. Escuela de Postgrado, USFQ.
- ARICA Alfonso. 2001. "Evaluación de tres Métodos de Determinación de la Evapotranspiración Potencial en Tingo María". Tesis para titulación en Ingeniería Agrónoma. Departamento Académico de Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. Huánuco, Perú.
- ARTEAGA RAMÍREZ Ramón, Á. M. (2011). Programa CROMWAT para planeación y manejo del recurso hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- BALWANT Hemant, BAIER Klaus, RAMAKAR Jha y AZZAM Rafiq. 2017. "Impac of urbanization on groundwater recharge and urban wáter balance for the city of Hyderabad, India". International Soil and Water Conservation Research, Department of Civil Engineering, National Institute of Technology (NIT) Patna, India.
- BANDEIRA José, MAIA de Andrade Eunice, ARAÚJO de Queiroz Palácio, AUGUSTO Pedro Y NEVES dos Santos Julio. 2018. "Characteristics of precipitation and the process of interception in a seasonally dry tropical forest". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, num.19, Department of Agricultural Engineering. Federal University of Ceará, Fortaleza, Brasil.
- BARRANTES Alberto & MÉNDEZ Hugo. 2016. "Riqueza del recurso hídrico y su relación con la cubierta vegetal en la Reserva Forestal Grecia, Alajuela, Costa Rica". Tesis para Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales. Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia (UNED). Laboratorio de Ecología Urbana, UNED.
- BARRANQUILLA, A. d. (25 de abril de 2013). *Instrumentos para la medición de las condiciones atmosféricas*. Obtenido de <http://www.arroyosdebarranquilla.co/2015-02-12-17-20-49/item/84-instrumentos-para-la-medicion-de-las-condiciones-atmosfericas>.
- BLANCO Juan. 2017. "Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones". Artículo publicado en la revista científica de Ecología y Medio Ambiente.

Departamento de Ciencias del Medio Natural, ETSIA, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadía. Pamplona, España. Asociación española de Ecología Terrestre.

- BONNESOEUR Vivien, LOCATELLI Bruno, VANACKER Veerle y MAO Zhun. 2018. "Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review". *Forest Ecology and Management*, num.433, *Agricultural Research for Development (CIRAD)*. University of Montpellier, France, pp.569-584.
- BRAOJOS Juan. 2010. "Metodología para la Evaluación de la lluvia horizontal (aplicación en la isla de Tenerife)". Artículo publicado en Recursos Hídricos en Canarias. España. Consejo Insular de Aguas de Tenerife.
- BROADHEAD, J.S.; MUXWORTHY, A.R.; ONG, C.K.; BLACK, C.R. 2003. Comparison of methods for determining leaf area in tree rows. *Agric. Forest. Meteorol.* 115:151–161.
- CASTELÁN Vega, V. Tamariz Flores, G. LINARES Fleites y A. CRUZ Montalvo. 2014. "Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México". *Investigaciones Geográficas, Boletín*, num. 83, *Instituto de Geografía*. UNAM, México, pp. 28-40, rig.33480.
- CAHUAZA Jhoner. 2016. "Comparación de dos métodos para medir precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras". Tesis para el Grado de Licenciatura de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo. Honduras 2016. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Departamento de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo.
- CHÁVEZ Jiménez A. y GONZÁLEZ Zeas D. 2015. "El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático". *Revista Iberoamericana del Agua*, num.2, *Departamento de Ingeniería Civil*. Universidad de Piura, Perú, pp.3-13.
- DEEDPESH Machiwal y MADAN K. Jha. 2014. "GIS-based wáter balance modeling for estimating regional specific yield and distributed recharge in data-scarce hard rock regions". *Journal of Hydro-environment Research*, Department, Indian Institute of Technology Kharagpur, India, pp.1-15.
- DOMÍNGUEZ R., JUÁREZ Arganis, CARRIZOSA Elizondo, ESQUIVEL Garduño. 2016. "Caracterización de las pérdidas por infiltración con análisis estadístico de precipitación y escurrimiento". *Revista Iberoamericana del Agua*, num.3, *Instituto de Ingeniería*. Universidad Nacional Autónoma de México, ciudad de México, México, pp.18-24.
- FAO. (2019). CROPWAT. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>.
- FAO. (2019). CLIMWAT. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>.
- FAO. (2019). CROPWAT. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio de Riego y Drenaje. Módulo 54.* ISSN:0254-5293.

- FERNÁNDEZ Santiago De La Fuente. (2005). “Series Temporales: Modelo Arima (p,d,q) (P, D, Q)s”. *Departamento de Economía Aplicada. Facultad Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid, España.*
- FRANCÉ Felipe y BUSSI Gian. 2014.”Análisis del impacto del cambio climático en el ciclo de sedimentos de la cuenca del río Ésera (España) mediante un modelo hidrológico distribuido”. *Instituto Universitario de investigación de ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. UPV, España, pp.14-25.*
- FRIESEN Jan, ZINK Matthias, BAWAIN Abdullah y MULLER Thomas. 2018.”Hydrometeorology of the Dhofar cloud forest and its implications for groundwater recharge”. Department of Catchment Hydrology, Helmholtz Centre for Environmental Research. UFZ, Leipzig, Germany.
- FU G., Crosbie R., Barron O., Charles S.P., Dawes W., Shi X., Van Niel, Li C. 2018.”Attributing variations of temporal and spatial groundwater recharge: a statistical analysis of climatic and nonclimatic factors”. *Journal of Hydrology. Wembley WA 6913, Australia.*
- German, P. (22 de marzo de 2018). *Metereologia en Red*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/higrometros.html>
- GLOBE. (2005). *Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual*. Obtenido de <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolos+de+Temperatura+del+Aire/1e07181e-4c3b-4c91-8865-e7400977754e>
- Gobierno Regional, L. (24 de Noviembre de 2016). *Tu región informa*. Obtenido de Tu región informa: <http://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/regionales/6569-con-apoyo-del-gobierno-regional-se-controla-incendio-en-reserva-de-cachil>
- Ground, P. (29 de Setiembre de 2017). *Play Ground*. Obtenido de https://www.playgroundmag.net/now/bosques-CO2-contaminacion_22917428.html
- Hector, I. S. (2006). *Métodos para estimar la Escorrentía de una cuena*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10780/Estima%20de%20la%20escorrent%EDa%20de%20una%20cuenca%20peque%Fla.pdf;jsessionid=BE0375ABFF1581E14A53E482291AA280?sequence=1>.
- Hernan, G. (27 de noviembre de 2013). *CORDOBA TIMES*. Obtenido de <https://www.cordobatimes.com/el-campo/2013/11/27/sabe-usted-como-se-mide-la-lluvia/>
- HERNÁNDEZ GALICIA Esther. 2014.” Un acercamiento histórico a las condiciones “originales” de funcionamiento del sistema hídrico subterráneo y su respuesta superficial en la microcuenca de la ciudad de Puebla”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, num.86, UNAM, México, pp.38-52, rig.41358.*
- Infoagro Systems. (2012). *Humedad relativa (HR) y punto de rocío*. Obtenido de http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_humedad_relativa_punto_rocio.asp?k=55.

- JARAMILLO Romeo & CORONEL David. 2013. "Valoración económica del recurso hídrico para la conservación de las Microcuencas Quillusara en el Cantón Celica y Jorupe en el Cantón Espindola". Tesis para titulación en Ingeniería de Gestión Ambiental. Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. Escuela de Pregrado, UCL.
- Jesús, B. A. (2009). *DETERMINACIÓN DEL TIPO DE RÉGIMEN DE LLUVIA*. Obtenido de file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/319-30695-1-PB.pdf
- JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B., COPPIN, P.; BARET, F. 2004. Review of methods 130 Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 12 (1): 121-130 2009 for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. Agric. Forest Meteorol. 121:19–35.
- KOUROUS, G. (Setiembre de 2003). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm>
- MEIXNER Thomas, MANNING Andrew, STONESTROM David, ALLEN Diana, AJAMI Hoori, Castro Christopher, Clark Jordan, Rodell Matthew, Walvoord Michelle. 2016. "Implications of projected climate change for groundwater recharge in the western United States". *Journal of Hydrology, num.534, U.S. Geological Survey, Denver*. University of Arizona, Tucson, USA, pp.124-138.
- MELLO Carlos, ÁVILA Léo, TERRA Marcela y CHAPPELL Nick. 2018. "Water balance in a neotropical forest catchment of southeastern Brazil. Soil and Water Engineering, Engineering Department. Federal University of Lavras, Brazil.
- MINCHÓN Carlos. 2012. "Modelo de Pronóstico para las Exportaciones del Perú con la comunidad Andina de Naciones, Enero 1999-Abril 2007. Tesis para el grado de Ciencias en Estadística Aplicada. Sección de Postgrado en Ciencias Físicas y Matemáticas. Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú.
- MINAM. (2016). *Programa Nacional de Conservación de Bosques*. Obtenido de <http://www.bosques.gob.pe/la-deforestacion-y-degradacion-de-nuestros-bosques>
- MINAGRI. (2003). "Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Chicama – Hidrología. Instituto nacional de recursos naturales intendencia de recursos hídricos. Administración técnica del distrito de riego Chicama, provincia Trujillo.
- NUÑEZ RAVELO Franklin. 2017. "Geomorfología y sedimentología del sistema de cárcavas en el borde costero al suroeste del Castillo de Araya, Estado Sucre, Venezuela". *Investigaciones Geográficas, Instituto Pedagógico de Caracas*. UPEL, Venezuela, rig.53428.
- ORDOÑEZ GÁLVEZ, J. J. (2011). *Ciclo Hidrológico*. Lima: IBEGRAF.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Los bosques del mundo XI/Numero1. Servicio Forestal de Estados Unidos, 2008. CONAFOR. Ed.Mexico. p.10.
- PEKSEN, E. 2007. Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Hort.* 113:322-328.
- RAMÍREZ Alejandra. 2011. “Contribución hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio, América Central”. Tesis para Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Posgrado, CATIE.
- RODRIGUEZ, J. (20 de marzo de 2014). *Conciencia Eco*. Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2014/03/20/el-agua-y-los-bosques-esenciales-para-la-vida-en-nuestro-planeta>
- REISS Julia, PERKINS Daniel, FUSSMANN Katarina, KRAUSE Stefan, CANHOTO Cristina, ROMEIJN Paul y ROBERTSON Anne. 2018.”Groundwater flooding: Ecosystem structure following an extreme recharge event”. *Science of the Total Environment*, num.652, Department of Life Sciences, Whitelands College. Roehampton University, London, United Kingdom, pp.1252-1260.
- RUBIO Luis, IPANAQUÉ Enrique y ROJAS María. 2015. “Distribución temporal del caudal mensual del río jequetepeque. periodo 1976-2015”. Artículo publicado en la revista UNITRU. Departamento Académico de Estadística. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú.
- RUIZ Gerardo. 2015.”Estimation of the groundwater recharge in the aquifer of the Mexico City”. *7th Groundwater Symposium of the International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR)*, Facultad de Ingeniería. UNAM, México.
- RUIZ Estilita & MARTÍNEZ Miren. (2009). “Infiltración y humedad del suelo”. *Hidrología Aplicada*. Colombia. Tema 4. pp. 10-24.
- SAKAKIBARA Koichi, TSUJIMURA Maki, SONG Xianfang y ZHANG Jie. 2016.”Spatiotemporal variation of the Surface water effect on the groundwater recharge in a low-precipitation region: Application of the multi-tracer approach to the Taihang Mountains, North China”. *Journal of Hydrology*, num.545, Graduate School of Life and Environmental Sciences. University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- SOLEDAD Valeria, BENEDETTI Graciela y CAMPO Alicia. 2015.”Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina”. *Investigaciones Geográficas, Boletín*, num.88, Instituto de Geografía. UNAM, México, pp.33-44, rig.48033.
- TROYO Enrique, MERCADO Gustavo, CRUZ Arturo, NIETO Alejandra, D. VALDEZ Ricardo, GARCÍA José y MURILLO Bernardo. 2014.”Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica

- en Baja California Sur, norestes de México''. *Investigaciones Geográficas, Boletín, num.85, Instituto de Geografía. UNAM, México, pp.66-81, rig.32404.*
- Thomas L.P. y Marino B.M. 2016. ''Estimacion del caudal a partir de la evolución del nivel del agua en un estuario con onda de marea estacionaria''. *Grupo Flujos Geofísicos y Ambientales, Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires. CONICET-UNCPBA, Argentina, pp.8-17.*
 - Tuswa N., Bagan R.D.H. Bagan, Mapeto T., Jovanovic N., Gush M., Kapangazi E., Dziki S., Kanyerere T. y Xu Y. 2018. ''The impacts of comercial plantation forests on groundwater recharge: A case study from George (Western Cape, South Africa)''. *Physics and Chemistry of the Earth, Deparment of Earth Sciences, Faculry of Natural Sciences. University of the Western Cape, South Africa.*
 - UNNE. (2000). *INFILTRACIÓN* . Obtenido de <http://ing.unne.edu.ar/pub/infi.pdf>
 - VACA Marcia. 2015. ''Propuesta metodológica para medir la precipitación horizontal en el bosque nublado de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras''. Tesis para el grado de Licenciatura de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Departamento de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo.
 - VILLANUEVA, L. (13 de abril de 2012). *RPP Noticias*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/actualidad/bosque-de-cachil-una-joya-de-la-naturaleza-en-cascas-noticia-471621>
 - Weigend. (2005). The relict forests of Northwest Peru and Southwest Ecuador. Info bosques. Obtenido de <http://infobosques.com/descargas/biblioteca/351.pdf>
 - Weigend, E. RODRÍGUEZ & C. ARANA. 2005. Los Bosques Relictos del Noroeste de Perú y Suroeste de Ecuador. *Rev. Perú. biol.* 12: pp.185-194. On line: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/biologia/v12_n2/Pdf/v12n2a04.pdf
 - YARAGHI Navid, RONKANEN Anna – Kaissa, DARABI Hamid, KLOVE Bjorn y TORABI Ali. 2019. ''Impact of managed aquifer recharge structure on river flow regimes in arid and semi-arid climates''. *Science of the Total Environment, num.675, Water, Energy and Environmental Engineering Research Unit. University of Oulu, Finland, pp.429-438.*
 - YEH H-F, CHENG Y-S, LIN H-I y LEE C-H. 2015. ''Mapping groundwater recharge potential zone using a GIS approach in Hualian River, Taiwan''. *Sustainable Environment Research, Department of Resources Engineering. National Cheng Kung University, Taiwan.*
 - YI-BEN Cheng, HONG-BIN Zhan, WEN-BIN Yang y BAO Fang. 2017. ''Deep soil wáter recharge response to precipitation in Mu Us Sandy Land of China''. *Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, School of Soil and Water Conservation. Beijing Forestry University, China.*
 - YRÍZAR Angelina, ÁLVAREZ Javier y MAASS Manuel. 2017. ''Análisis y perspectivas del estudio de los ecosistemas terrestres de México: dinámica hidrológica y flujos de nitrógenos y fosforo''. *Revista Mexicana de Biodiversidad, num.88, Instituto de Ecología. UNAM, México, pp. 27-41.*

- ZAVALETA Elizabeth, et al. 2012. "Potencial de infiltración de agua de lluvia a partir de la retención de una plantación forestal". Artículo publicado en la revista Recursos Genéticos Forestales. México. Universidad Veracruzana. Foresta Veracruzana, vol. 14, núm. 1, pp. 23-28.
- ZABALKETA & Ner Group. 2013. "Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia". Informe técnico. Bolivia. Proyecto piloto, recurso hídrico en Perú y Bolivia.
- ZABLON Adane, NASTA Paolo, ZLOTNIK Vitaly y WEDIN David. 2018."Impact of grassland conversion to forest on groundwater recharge in the Nebraska Sand Hills". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, num.15, Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Nebraska-Lincoln, NE, USA.
- ZHANG Zhiqiang, MIN Li, SI Bingcheng y FENG Hao. 2017."Deep rooted Apple trees decrease groundwater recharge in the Highland región of the Loess Plateau, China". *Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas, Ministry of Education*. Northwest University, Yangling, China.
- ZHEN Zhou. 2011."Application of Monte Carlo Method in Recharge Calculation of Underground Water Resources". *Procedia Engineering*, num.23, North China University of Water Conservancy and Electric Power, BeiHuan road 36, Zhengzhou City, China.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: “Evaluación de la recarga hídrica del bosque relicto de Cachil-Provincia Gran Chimú desde el 2017 al 2026”					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología	Población
¿Cuál es la recarga hídrica del bosque relicto de Cachil – provincia Gran Chimú desde el 2017 al 2027?	<p>General: Evaluar la recarga hídrica mediante el registro de precipitaciones y evapotranspiración del bosque relicto de Cachil-provincia Gran Chimú desde el 2006 al 2016.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • analizar la tendencia de los registros de precipitaciones cercanos al bosque relicto de Cachil desde el 2006 al 2016. • Analizar la Tendencia en las precipitaciones para los próximos 10 años. • Calcular la evapotranspiración mediante el software CROPWAT. 	<p>H₁: La recarga hídrica del bosque relicto de Cachil es positiva con respecto a las precipitaciones y evapotranspiración.</p> <p>H₀: La recarga hídrica del bosque relicto de Cachil no es positiva con respecto a las precipitaciones y evapotranspiración.</p>	Estado Hídrico	<p>Tipo de Investigación: Nuestra investigación es de tipo aplicada y cuantitativa</p> <p>Nivel de Investigación: Descriptivo</p> <p>Método: Deductivo</p> <p>Diseño de Investigación: El diseño que corresponde a este trabajo es no experimental.</p>	<p>Población: Datos climatológico de la Estación Contumazá</p> <p>Muestra: Precipitaciones, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad de viento de los años 2006 al 2016</p> <p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumento: Ficha de observación.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.

Tabla 1. Datos de las precipitaciones mensuales de la estación Contumazá periodo Ene2006 – Dic2016

MES	AÑOS										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	1.2451613	1.37419355	1.4016129	3.13709677	0.41129032	1.10806452	1.24032258	0.4483871	0.76129032	1.38225806	1.07096774
Febrero	3.3892857	0.72321429	5.92241379	3.42142857	2.875	0.46071429	3.16551724	2.67678571	0.50535714	1.30535714	2.24482759
Marzo	6.583871	4.13709677	3.42741935	4.25	1.58870968	1.7483871	4.01451613	4.61935484	2.83548387	4.85	1.81935484
Abril	1.05	1.74666667	3.25333333	1.215	1.445	2.86	2.52666667	0.29666667	1.04	1.52	2.39833333
Mayo	0.0580645	0.54677419	0.0483871	0.49032258	0.50645161	0.07580645	0.59193548	0.56935484	0.71935484	0.78709968	0
Junio	0.2433333	0	0.08166667	0.04833333	0.07	0.01	0	0.04166667	0.01	0	0.145
Julio	0	0	0	0.08387097	0.00967742	0.00483871	0	0	0	0.04032258	0
Agosto	0.0096774	0.06612903	0.15645161	0	0	0	0	0.00806452	0	0	0
Septiembre	0.1433333	0	0.15166667	0.09333333	0.15666667	0.13833333	0.00833333	0	0.28	0.005	0
Octubre	0	0.88064516	0.69193548	1.02741935	0.19193548	0.04032258	1.03387097	0.92419355	0.66451613	0.15806452	0.15967742
Noviembre	0.515	0.48833333	0.81166667	0.80666667	0.28	0.16166667	0.61	0	0.41166667	0.975	0.03666667
Diciembre	1.0983871	0.29032258	0.04193548	0.30967742	0.5483871	0.65	0.85967742	1.12903226	1.42580645	1.07096774	0.4

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Tabla 8. Requerimiento de agua del cultivo de Grass

Estación ET0: Huamanga			Cultivo: Turf Grass Cool				
Estación de Lluvia: Huamanga			Fecha de siembra: 11/07				
Mes	Decada	Etapas	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Jul	2	Inic	0.9	3.93	39.3	0	39.3
Jul	3	Inic	0.9	3.85	42.3	0	42.3
Ago	1	Inic	0.9	3.77	37.7	0	37.7
Ago	2	Inic	0.9	3.69	36.9	0	36.9
Ago	3	Inic	0.9	3.8	41.8	0	41.8
Sep	1	Inic	0.9	3.92	39.2	0	39.2
Sep	2	Inic	0.9	4.04	40.4	0	40.4
Sep	3	Inic	0.9	3.88	38.8	0.1	38.7
Oct	1	Inic	0.9	3.73	37.3	0.3	37.1
Oct	2	Inic	0.9	3.58	35.8	0.4	35.4
Oct	3	Inic	0.9	3.66	40.3	0.3	40
Nov	1	Inic	0.9	3.74	37.4	0.2	37.2
Nov	2	Inic	0.9	3.82	38.2	0.2	38
Nov	3	Inic	0.9	3.73	37.3	0.2	37.1
Dic	1	Des	0.9	3.64	36.4	0.3	36.2
Dic	2	Des	0.91	3.58	35.8	0.3	35.5
Dic	3	Des	0.92	3.49	38.4	0.3	38.1
Ene	1	Des	0.93	3.41	34.1	0.3	33.7
Ene	2	Med	0.93	3.32	33.2	0.3	32.8
Ene	3	Med	0.93	3.29	36.2	0.6	35.6
Feb	1	Med	0.93	3.26	32.6	0.8	31.8
Feb	2	Med	0.93	3.24	32.4	1.1	31.3
Feb	3	Med	0.93	3.31	26.5	1.1	25.3
Mar	1	Med	0.93	3.39	33.9	1.3	32.6
Mar	2	Med	0.93	3.46	34.6	1.4	33.2
Mar	3	Med	0.93	3.43	37.8	1.2	36.6
Abr	1	Med	0.93	3.4	34	1	33
Abr	2	Med	0.93	3.37	33.7	0.8	32.9
Abr	3	Med	0.93	3.4	34	0.6	33.3
May	1	Med	0.93	3.42	34.2	0.4	33.8
May	2	Med	0.93	3.44	34.4	0.2	34.2
May	3	Fin	0.95	3.56	39.2	0.1	39
Jun	1	Fin	0.96	3.69	36.9	0.1	36.9
Jun	2	Fin	0.96	3.77	37.7	0	37.7
Jun	3	Fin	0.96	3.91	39.1	0	39.1
Jul	1	Fin	0.96	4.05	40.5	0	40.5

Anexo 4

Tabla 9. Programación de Riego

Estación de lluvia: Contumazá						Momento: regar a agotamiento crítico					
Tipo de suelo: Heavy						Aplicación: reponer a capacidad de campo					
Cosecha: 09/07						Ef. Campo: 70%					
Fecha	Día	Etap	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
21-jul	11	Ini	0	1	100	43	43.1	0	0	61.6	0.65
01-ago	22	Ini	0	1	100	42	42.2	0	0	60.3	0.63
12-ago	33	Ini	0	1	100	41	41.3	0	0	59	0.62
23-ago	44	Ini	0	1	100	41	40.9	0	0	58.5	0.62
03-sep	55	Ini	0	1	100	42	42.2	0	0	60.3	0.63
14-sep	66	Ini	0	1	100	44	43.6	0	0	62.3	0.66
25-sep	77	Ini	0	1	100	44	43.6	0	0	62.3	0.66
06-oct	88	Ini	0	1	100	42	41.6	0	0	59.5	0.63
18-oct	100	Ini	0	1	100	43	43.2	0	0	61.7	0.6
30-oct	112	Ini	0	1	100	43	43.5	0	0	62.1	0.6
10-nov	123	Ini	0	1	100	41	40.9	0	0	58.4	0.61
21-nov	134	Ini	0	1	100	42	41.8	0	0	59.7	0.63
02-dic	145	Ini	0	1	100	41	40.7	0	0	58.1	0.61
14-dic	157	Des	0	1	100	43	43.2	0	0	61.7	0.59
26-dic	169	Des	0	1	100	42	42.1	0	0	60.2	0.58
07-ene	181	Des	0.2	1	100	41	41	0	0	58.6	0.56
20-ene	194	Med	0	1	100	43	43	0	0	61.5	0.55
02-feb	207	Med	0	1	100	42	42.1	0	0	60.2	0.54
15-feb	220	Med	0	1	100	41	41.3	0	0	59	0.53
28-feb	233	Med	0	1	100	41	41	0	0	58.5	0.52

12-mar	246	Med	0	1	100	43	43	0	0	61.4	0.55
24-mar	258	Med	0	1	100	40	40.1	0	0	57.3	0.55
06-abr	271	Med	0	1	100	43	43.3	0	0	61.9	0.55
19-abr	284	Med	0	1	100	43	43.1	0	0	61.6	0.55
01-may	296	Med	0	1	100	40	40.2	0	0	57.4	0.55
13-may	308	Med	0.1	1	100	41	40.6	0	0	58	0.56
25-may	320	Med	0	1	100	42	41.8	0	0	59.8	0.58
06-jun	332	Fin	0	1	100	44	43.6	0	0	62.2	0.6
17-jun	343	Fin	0	1	100	41	41.2	0	0	58.9	0.62
28-jun	354	Fin	0	1	100	43	42.7	0	0	61	0.64
08-jul	364	Fin	0	1	100	40	40.4	0	0	57.7	0.67
09-jul	Fin	Fin	0	1	0	0					

Fuente: Software CROPWAT

Anexo 5. Ecuación de FAO Penman Monteith

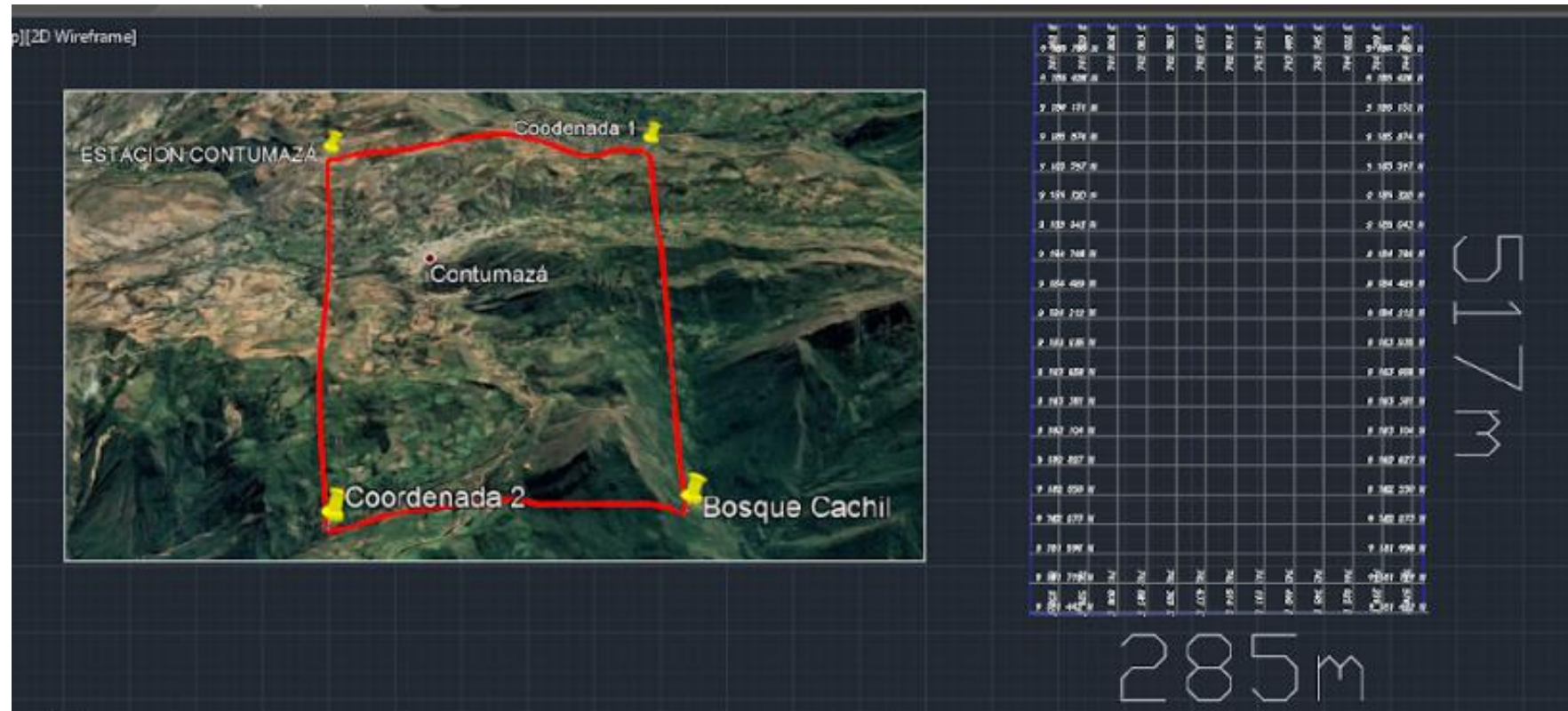
$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

donde:

ET_o	evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
R_a	radiación extraterrestre (mm día ⁻¹)
G	flujo del calor de suelo (MJ m ⁻² día ⁻¹)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹)
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹)
γ	constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)

Fuente: Estudio FAO riego y drenaje

Imagen 3. Distancia entre la Estación Meteorológica de Contumazá y el Bosque de Cachil



Fuente: Elaboración propia

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 10
		Fecha : 10-06-2019
		Página : 1 de 1

Yo, JOSE FELIX RIVERO MENDOZA
 docente de la Facultad INGENIERIA
 Escuela Profesional INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad César
 Vallejo TRUJILLO (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA DEL BOSQUE
 RELICTO DE SACHIL - PROVINCIA GRAN CHIMU DESDE
 EL 2006 AL 2016"

del (de la) estudiante DIAL MARQUINA JERSON ROBINSON
 constato que la investigación tiene un índice de
 similitud de 3.4% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis
 cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la
 Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha TRUJILLO 03 DE FEBRERO DEL 2020


 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 17859376

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FD6-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, JUPE FELIX RIVERA MONTE
 docente de la Facultad INGENIERIA
 Escuela Profesional INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad César
 Vallejo TRUJILLO (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

" EVALUACIÓN DE LA RECARGA HIDRICA DEL BOSQUE
 RELICTO DE SACHIL - PROVINCIA GRAN CHIMU DESDE
 EL 2006 AL 2016 "

del (de la) estudiante GÁLVEZ CORREA FLORELLA MILAGROS
 constato que la investigación tiene un índice de
 similitud de 34.1% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis
 cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la
 Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha TRUJILLO 03 DE FEBRERO DEL 2020



 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 17359320

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	-------------------------------	--------	---	--------	-----------

Pantallazo del Software Turnitin

feedback studio | "Evaluación de la recarga hídrica del bosque refugio de Cachim- Provincia Gran Chimú desde el 2006 al 2016"

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Evaluación de la recarga hídrica del bosque refugio de Cachim- Provincia Gran Chimú desde el 2006 al 2016"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:
Díaz Marquina, Jerson Robinson (ORCID: 0001-9098-3298)
Gálvez Correa, Fioeclla Milagros (ORCID: 0001-7106-1992)

ASESORES:
Dr. Rivero Méndez, José Félix (ORCID: 0002-9147-1451)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Calidad Y Gestión De Los Recursos Naturales

Trujillo – Perú
2019

Resumen de coincidencias

24 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

24	1	dispace.unfv.edu.pe	6 %
		Fuente de Internet	
	2	repositorio.usfz.edu.ec	2 %
		Fuente de Internet	
	3	dispace.usfz.edu.ec	2 %
		Fuente de Internet	
	4	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	5	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	6	www.redalyc.org	1 %
		Fuente de Internet	
	7	repositorio.unap.edu.pe	1 %
		Fuente de Internet	
	8	Entregado a CONACYT	1 %
		Trabajo del estudiante	
	9	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
		Fuente de Internet	
	10	repositorio.upao.edu.pe	<1 %
		Fuente de Internet	
	11	repositorio.lasalle.edu.co	<1 %
		Fuente de Internet	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

DNI: MARQUINA JERSON ROBINSON
D.N.I. : 71243673
Domicilio : INDEPENDENCIA #248
Teléfono : Fijo : Móvil 927200396
E-mail : jersonrobinson@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
Escuela : INGENIERIA AMBIENTAL
Carrera : INGENIERIA AMBIENTAL
Título : INGENIERO AMBIENTAL

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

☐ Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

DIAZ MARQUINA JERSON ROBINSON
GALVEZ CORREA FLORENA HILACRO

Título de la tesis:

EVOLUCION DE LA RECARGA HIDRICA DEL BOSQUE RELITO
DE SACHIL PROVINCIA GRAN CHIMU DESDE EL 2006 AL 201

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte,
a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha :

06/12/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

GALVEZ CORREA FIORELLA HILAGROS

D.N.I. : 70219372

Domicilio : H2 A Lt. 17 ALTO SAN TISORO

Teléfono : Fijo : 071 239242 Móvil : 993733793

E-mail : pm8galvezcorrea.f@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA

Escuela : INGENIERIA AMBIENTAL

Carrera : INGENIERIA AMBIENTAL

Título : INGENIERIA AMBIENTAL

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

Grado :

Mención :

☐ Doctorado

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

DEAZ MARGUENIA IERSON ROBINSON Y GALVEZ

CORREA FIORELLA HILAGROS

Título de la tesis:

EVALUACION DE LA RECARGA HIDRICA DEL BOSQUE RELICTO

DE CASARET PROVINCIA GRANA CUENCA DESDE EL 2006 AL 2016

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte,
a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 06/12/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

DÍAZ MARQUINA JERSON ROBINSON

INFORME TITULADO:

EVALUACIÓN DE LA RECARGA HIDRICA DEL BOSQUE RELECTO DE
CASHI - PROVINCIA GRAN CHIMU DESDE EL 2006 AL 2016

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 06/12/2019

NOTA O MENCIÓN: 16 - UNANIMIDAD

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GALVEZ CORREA FIORELLA HTLAGROS

INFORME TÍTULADO:

EVALUACION DE LA RECARGA HIDRICA DEL BOSQUE RELICTO DE

CACHIL - PROVINCIA GRAN CHIMU DESDE EL 2006 AL 2016

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 06/12/2019

NOTA O MENCIÓN: 16 - UNANIMIDAD



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN